

STAtOR

thema VOEDSEL

Precisie veehouderij

Veilig voedselgedrag van consumenten op schaal

Toepassing van Multiple Adaptive Regression Splines (MARS) voor het voorspellen van smaak en geur

Is de hervorming van het EU-landbouwbeleid effectief?

Optimaliseren van de beheersing van de voedselveiligheid op ketenniveau

De Nederlandse landbouwstatistiek als product en producent van de Nederlandse landbouw

STaTOR

Jaargang 10, nummer 3, september 2009

STaTOR is een uitgave van de Vereniging voor Statistiek en Operationele Research (VVS). STaTOR wil leden, bedrijven en overige geïnteresseerden op de hoogte houden van ontwikkelingen en nieuws over toepassingen van statistiek en operationele research. Verschijnt 4 keer per jaar.

Redactie

Goos Kant (hoofredacteur), Ana Isabel Barros, Mirjam Moerbeek, Gerrit Stemerding (eindredacteur), Hilde Tobi, Marnix Zoutenbier. Vaste medewerkers: Johan van Leeuwen, Fred Steutel

Kopij en reacties richten aan

Prof. dr. G. Kant (hoofredacteur), Faculteit der Economische Wetenschappen van de Universiteit van Tilburg, Postbus 90153, 5000 LE Tilburg, telefoon 013 - 4668234, mobiel 06-11045089, <G.Kant@uvt.nl>.

Bestuur van de VVS

Voorzitter: prof. dr. R. Gill <voorzitter@vvs-or.nl>
Secretaris: dr. C.G.H. Diks <c.g.h.diks@uva.nl>
Penningmeester: prof. dr. ir. C.A.G.M. van Montfort <kvmontfort@feweb.vu.nl>
Statistische dag: prof. dr. A.W. van der Vaart <aad@cs.vu.nl>
Namens de Bedrijfssectie (BDS):
prof. dr. R.J.M.M. Does <R.J.M.M.Does@uva.nl>
Namens de Biometrische Sectie (BMS):
prof. dr. A.H. Zwinderman <a.h.zwinderman@amc.uva.nl>
Namens de Economische Sectie (ECS):
dr. P.H.F.M. van Casteren <casteren@fee.uva.nl>
Namens het Ned. Genootschap voor Besliskunde (NGB):
prof. dr. ir. C.P.M. van Hoesel <s.vanhoesel@ke.unimaas.nl>
Namens de Sectie Mathematische Statistiek (SMS):
dr. P.J.C. Spreij <spreij@science.uva.nl>
Namens de Sociaal Wetenschappelijke Sectie (SWS):
prof. dr. J.K. Vermunt <j.k.vermunt@uvt.nl>

Leden- en abonnementenadministratie van de VVS

VVS, Postbus 244, 6700 AE Wageningen, telefoon 0317 - 419572, fax 0317 - 421364, <admin@vvs-or.nl>. Raadpleeg onze website over hoe u lid kunt worden van de VVS of een abonnement kunt nemen op STaTOR of op een van de andere periodieken.

VVS-website

<http://www.vvs-or.nl>

Advertentieacquisitie

Marieke Klein, p/a Vrije Universiteit, afdeling Econometrie & Operationele Research, De Boelelaan 1105, 1085 HV Amsterdam, <adverteren.stator@vvs-or.nl>. STaTOR verschijnt in maart, juni, september en december.

Ontwerp en opmaak

Pharos | M. van Hootegem, Nijmegen

Uitgever

© Vereniging voor Statistiek en Operationele Research
ISSN 1567-3383

Inhoud

3 Redactioneel

4 Precisie veehouderij: iedere koe dagelijks optimaal voeren en melken **Geert André en Alfons Oude Lansink**

9 Veilig voedselgedrag van consumenten op schaal **Arnout Fischer**

14 Voedsel voor het brein – *column* **Johan van Leeuwen**

16 Can we expect life from Mars? Toepassing van Multiple Adaptive Regression Splines (MARS) voor het voorspellen van smaak en geur **Claire Boucon**

21 Is de hervorming van het EU-landbouw-beleid effectief? **Jack Peerlings**

26 Optimaliseren van de beheersing van de voedselveiligheid op ketenniveau **Coen van Wageningen**

30 De vormende krachten van de statistiek. De Nederlandse landbouwstatistiek als product en producent van de Nederlandse landbouw **Anton Schuurman**

34 De wet van ZIPF – *column* **Fred Steutel**



Dit nummer van *STATOR* is geheel gewijd aan voedsel. Voedsel en Statistiek lijkt misschien een vreemde combinatie, maar de relatie tussen beiden is heel oud, ouder zelfs dan het schrift. De allereerste menselijke krabbels, afgezien van versieringen op kleding en gebruiksvoorwerpen, waren een soort aantekeningen over voorraden voedsel: de oervorm van statistiek. Uit die krabbels, die vaak de vorm van groepjes strepen hadden (inderdaad 'turven'), heeft zich later het schrift ontwikkeld in al zijn variëteiten. Statistiek en de overgang van de mens van jager-verzamelaar naar landbouwer gaan samen!

Ook hedendaagse connecties tussen statistiek en voeding hebben soms een heel oude geschiedenis. Een van de 'werkpaarden' in vergelijkend onderzoek is het *experimental design*. In het Bijbelse verhaal van Daniël vinden we een voorbeeld van zo'n design inzake voedselgebruik. Het speelt zich af tijdens de Babylonische ballingschap, bijna 2600 jaar geleden. Daniël weigert de Joodse spijswetten op te geven en stelt de Babylonische heerser voor dat hij en zijn vrienden een tijdlang volgens deze regels zullen eten, terwijl een vergelijkbare groep de gebrui-

kelijke kost zal nuttigen. Na afloop blijkt dan dat de experimentele groep van Daniël er gezonder uit ziet dan de controlegroep.

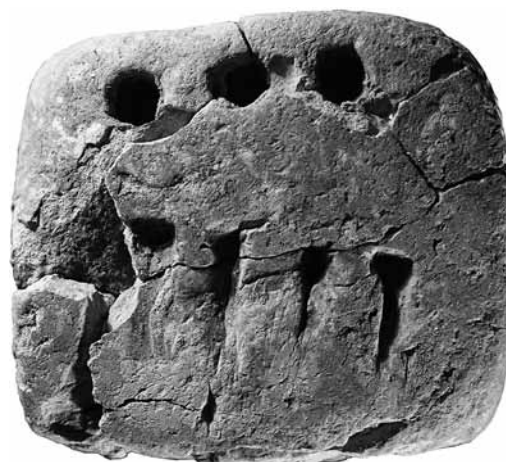
Een van de huidige problemen rond voedsel is dat mensen in de zogenaamde Westerse wereld teveel eten en daardoor ziekelijk dik worden. Obesitas is de wetenschappelijke term daarvoor. Ook dit nummer van *STATOR* lijdt aan deze kwaal. De redactie kreeg namelijk zóveel smakelijke artikelen voorgezet dat dit een behoorlijk obese aflevering is geworden. U kunt in dit nummer lezen over verschillende toepassingen van Statistiek en OR. Dat kan zijn het zo optimaal mogelijk voeren van koeien, waarbij per koe dagelijks de kosten van krachtvoer en de eventuele meeropbrengst van melk tegen elkaar worden afgewogen. Maar ook over voedselveiligheid wordt geschreven, evenals over smaakonderzoek bij consumenten, de geschiedenis van landbouwstatistiek, het hygiënisch omgaan met voedsel, EU maatregelen, enzovoort.

Kortom, wij bieden u in deze *Sator* een divers en afwisselend menu. Neem het in gepaste porties tot u: wij wensen u smakelijk lezen.

De redactie



Tablet met inscripties uit Tartaria, Roemenië, circa 4500 vChr.



Kleitabiet uit Soemerie circa 3500 vChr. De inscriptie duidt waarschijnlijk op drie eenheden gerst en vier eenheden van een andere grondstof.



PRECISIE VEEHOUDERIJ

iedere koe dagelijks optimaal voeren en melken

Hoeveel krachtvoer moet iedere koe dagelijks krijgen? Die vraag moet een veehouder voor al zijn melkkoeien beantwoorden. Als de koe te weinig krijgt gaat dat ten koste van de lichaamsreserves en kan de koe vatbaarder worden voor ziektes. Maar wanneer een koe teveel krijgt, wordt de koe te vet, wat ook problemen kan geven met de spijsvertering en de gezondheid. Bovendien, worden de krachtvoerkosten wel terugverdiend met de melkopbrengst? Want ook een melkveehouder streeft naar een redelijk arbeidsinkomen. Dit artikel gaat in op het dagelijks optimaliseren van de voeding van de koe.

GEERT ANDRÉ EN ALFONS OUDE LANSINK

Een melkkoe is in staat om voor de mens onverteerbaar plantaardig voedsel, zoals gras, om te zetten in voor de mens hoogwaardig voedsel: vlees en melk. De voeding van melkkoeien bestaat in

hoofdzaak uit op het melkveebedrijf zelf geteeld vezelrijk voer, het zogenaamde ruwvoer. Maar wanneer een koe veel melk produceert, is de opgenomen hoeveelheid ruwvoer vaak niet vol-



doende om in de totale energiebehoefte te voorzien. Dus wordt het ruwvoer aangevuld met zogenaamd krachtvoer dat een hogere voedingswaarde heeft. In krachtvoer zijn veel energie- en eiwitrijke grondstoffen verwerkt. Krachtvoer bestaat meestal uit geperste brokjes die weinig vocht bevatten. Melkkoeien nemen deze brokjes gemakkelijk op, ook omdat het smakelijk is. Krachtvoer wordt niet op het melkveebedrijf zelf geteeld, maar aangekocht bij mengvoerfabrikanten. Het zijn kostbare voedermiddelen en daarom worden ze via zogenaamde krachtvoerautomaten in nauwkeurig vastgestelde hoeveelheden dagelijks individueel aan de koeien verstrekt. Maar hoeveel krachtvoer moet iedere koe dagelijks krijgen? Die vraag moet een veehouder voor al zijn melkkoeien beantwoorden. Als de koe te weinig krijgt gaat dat ten koste van de lichaamsreserves en kan de koe vatbaarder worden voor ziektes. Maar wanneer een koe teveel krijgt, wordt de koe te vet, wat ook problemen kan geven met de spijsvertering en de gezondheid. Het instellen van de juiste krachtvoerhoeveelheid per koe per dag is bovendien een economisch probleem: worden de krachtvoerkosten wel terugverdiend met de melkopbrengst?

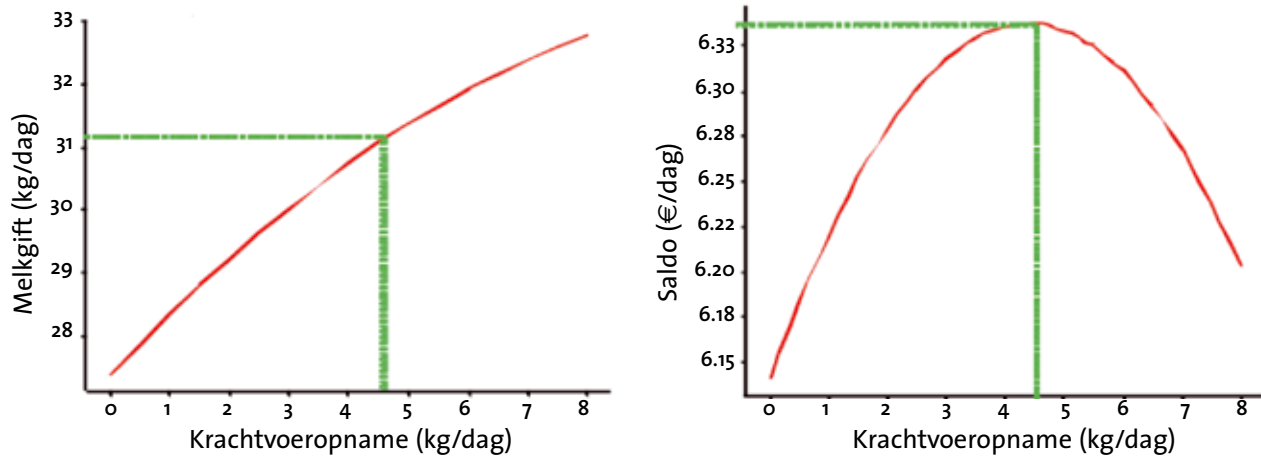
Het effect van krachtvoeropname op de melkproductie

De melkproductie komt op gang nadat een koe een kalf heeft gekregen. De eerste weken na het afkalven stijgt de melkproductie tot een maximum en in die tijd wordt de dagelijkse krachtvoergift geleidelijk verhoogd om aan de toenemende energiebehoefte te voldoen. Maar na verloop van tijd neemt de stijging in melkproductie af, ondanks de toenemende krachtvoeropname. De relatie tussen de melkproductie M en de krachtvoeropname K_v (beiden in kg/dag) is weer te geven met de volgende responsvergelijking:

$$M = c_0 + c_1 K_v - c_2 K_v^2$$

Om aan te geven dat dit een bergparabool is, heeft de coëfficiënt van de kwadratische term (c_2) een minteken. De relatie tussen krachtvoeropname en melkproductie volgt de 'wet van de afnemende meeropbrengst'. Dat betekent dat er een economisch optimum is: op een gegeven moment is de meeropbrengst in melk lager dan de kosten van het extra krachtvoer (zie Figuur 1).

Uit de responsvergelijking kan met de melk-



Figuur 1. Effect van krachtvoeropname op de melkproductie (links) en op het voersaldo melkopbrengst min krachtvoerkosten (rechts). Bij 4,5 kg krachtvoer per dag is de opname optimaal en wordt een maximaal voersaldo bereikt.

prijs π_M en krachtvoerprijs π_{Kv} (beiden in €/kg) eenvoudig het voersaldo melkopbrengst minus krachtvoerkosten worden berekend. Het economisch optimum is de krachtvoergift waarbij het voersaldo maximaal is:

$$Kv_{Opt} = \frac{\pi_M c_1 - \pi_{Kv}}{2\pi_M c_2}$$

Verschillen tussen koeien en variatie in de tijd

De optimale krachtvoergift per koe hangt af van de coëfficiënten uit de responsvergelijking en de prijzen van melk en krachtvoer. De krachtvoerprijs varieert in de tijd omdat deze gerelateerd is aan de energieprijzen; ook de melkprijs varieert in de tijd. Zo was vorig jaar de melkprijs erg hoog door de vraag naar zuivelproducten vanuit de wereldmarkt, met name vanuit Azië. Maar inmiddels is de prijs weer ver gezakt tot onder het meerjarig gemiddelde. De melkprijs hangt ook af van de melksamenstelling. De gehalten aan melkeiwit en melkvet bepalen voor een groot deel de melkprijs.

Vet- en eiwitgehalte van de melk zijn echter voor verschillende koeien niet gelijk en veranderen bovendien geleidelijk in de tijd. Door de variatie in melksamenstelling varieert de melkprijs tussen koeien en binnen koeien in de tijd.

Ook de coëfficiënten die de respons in melkproductie op krachtvoer weergeven verschillen tussen koeien en veranderen in de tijd. In het begin van de lactatie, de eerste 100 tot 200 dagen na afkalven, is de respons hoger dan in het laatste deel van de lactatie. Met al deze veranderingen in de tijd en verschillen tussen koeien moet voortdurend rekening worden gehouden bij het bepalen van de optimale dagelijkse krachtvoergift voor iedere melkkoe afzonderlijk.

Voedernormen

De prijs van krachtvoer is bekend en de melkprijs wordt berekend uit de melksamenstelling, maar de coëfficiënten van de responsvergelijking zijn onbekend. Op dit moment maken veel melkvee-

houders gebruik van voedernormen voor melkkoeien die zijn opgesteld op basis van landbouwkundig onderzoek naar de relatie tussen voeding en melkproductie (CVB-normen, 2007). Voor de berekening van de norm zijn gegevens over de voeropname en productie nodig. Op veel melkveebedrijven kan de individuele melkproductie dagelijks worden vastgelegd dankzij automatische melkmeting. De melksamenstelling, het vet- en eiwitgehalte, wordt periodiek om de 3 à 4 weken per koe bepaald door een monster van de melk te nemen en dit in een laboratorium te laten analyseren. De krachtvoeropname kan nauwkeurig worden vastgelegd, zeker wanneer de individuele verstrekking volledig is geautomatiseerd. Maar voor de berekening van de norm moeten ook de ruwvoeropname en kwaliteit bekend zijn. Veel veehouders laten de ruwvoer-kwaliteit in een laboratorium bepalen, maar de individuele ruwvoeropname kan tot nu toe in de praktijk nog niet worden vastgesteld. Verder moet bekend zijn of de melkkoe lichaamsreserves mobiliseert of aanzet. Indicaties hiervoor zijn verandering van het lichaamsgewicht en lichaamsconditie, maar ook die eigenschappen kunnen in de praktijk nog niet nauwkeurig worden gemeten.

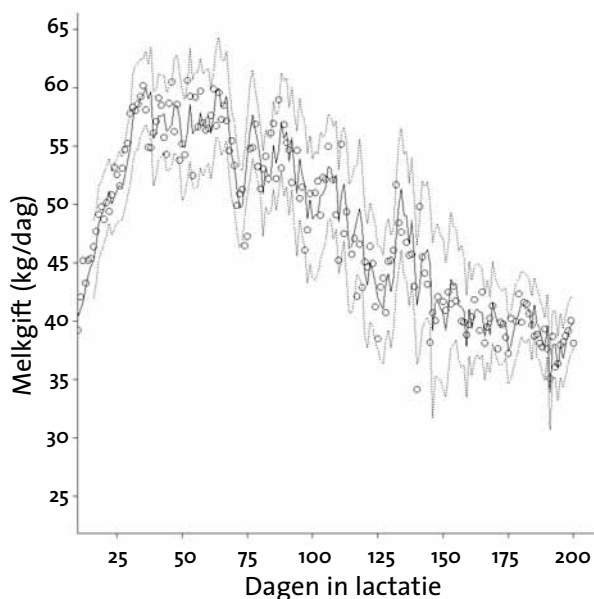
Nauwkeurige vaststelling van de norm voor een specifieke koe op een bepaald moment in de lactatie is vrijwel onmogelijk, omdat een deel van de gegevens die voor de normberekening nodig zijn in de praktijk onvoldoende geregistreerd (kunnen) worden. Wel wordt vaak in de praktijk over een langere periode op groepsniveau een inschatting gemaakt van de ruwvoeropname. Zo kan met normberekening achteraf de voeding in relatie tot de gerealiseerde melkproductie geëvalueerd worden of vooraf een globaal advies worden gegeven. Maar de globale inschatting van de ruwvoeropname op groepsniveau is voor een specifieke melkkoe in de actuele situatie veel te onnauwkeurig om een betrouwbare voorspelling

te geven van de te verwachten productie bij verschillende krachtvoeropnames.

Zelflerend model

Op veel melkveebedrijven worden de gegevens over melkgift en krachtvoeropname per koe dagelijks automatisch vastgelegd en vormen een reeks die statistisch geanalyseerd kan worden met een Bayesiaanse methode voor tijdreeksanalyse (West en Harrison, 2007). De analyse begint met voor-kennis over de te verwachten respons, de prior voor de coëfficiënten in de respons vergelijking. Op basis van de prior wordt een voorspelling gedaan over de vandaag te verwachten melkproductie. Aan het eind van de dag wordt de voorspelling vergeleken met de gerealiseerde melkproductie in relatie tot de opgenomen hoeveelheid krachtvoer. Vervolgens wordt de prior bijgesteld op basis van de voorspelfout, dat is de afwijking tussen de voorspelling en de gerealiseerde productie. Zo ontstaat achteraf kennis over de respons, de posterior voor de coëfficiënten in de responsvergelijking. Deze kennis achteraf wordt de volgende dag als prior gebruikt en zodoende wordt de analyse dagelijks herhaald, dus steeds gebruikmakend van de meest recente gegevens over melkproductie en krachtvoeropname.

Hiervoor is al aangegeven dat aan het begin van de lactatie de melkproductie stijgt bij een toenemende krachtvoeropname. Met de Bayesiaanse analysemethode kan vanaf het begin van de lactatie de mate van stijging in melkproductie gerelateerd worden aan de mate van stijging in de krachtvoeropname. Zo ontstaat een zelf-lerend model, waarmee gedurende de gehele lactatie voortdurend de respons in melkproductie op veranderende krachtvoergiften betrouwbaar kan worden ingeschat. In Figuur 2 is voor één koe het verloop van de melkproductie en de dagelijkse voorspelling weergegeven.



Figuur 2. Verloop van de melkproductie gedurende de lactatie. De gemeten melkproductie is weergegeven met o en de lijn geeft de voorspellingen weer. De buitenste lijnen zijn het 95% betrouwbaarheidsinterval.

Met de geschatte coëfficiënten uit de responsvergelijking kan dagelijks voor iedere koe afzonderlijk de optimale krachtvoergift berekend worden, rekening houdend met de actuele prijzen voor melk en krachtvoer. Daarnaast signaleert het zelflerende model afwijkingen in de melkproductie ter attentie van de veehouder en past zich zo nodig ook snel aan (monitoring gevolgd door automatische interventie).

Precisie melkveehouderij

De dynamische aanpak met een zelflerend model is onderzocht, ontwikkeld en getest door de Animal Sciences Group, een onderdeel van Wageningen University and Research Centre. Daarna heeft softwarebedrijf Agrovision een webapplicatie

gebouwd, die als module 'Dynamisch Voeren' in het managementsysteem voor veehouders is opgenomen. Medio 2007 is deze module in de praktijk geïntroduceerd en inmiddels gebruiken ruim 200 veehouders deze module, zie <www.dynamischvoeren.nl>. De firma Lely, fabrikant van melkrobots, heeft een uitgebreidere versie van de dynamische aanpak in het managementsysteem opgenomen, waarmee naast krachtvoeradviezen ook adviezen voor de melkfrequentie worden gegeven om het gebruik van de melkrobot te optimaliseren.

De dynamische aanpak maakt deel uit van het concept Precisie Melkveehouderij, een managementconcept dat zich ten doel stelt om zo goed mogelijk aan te sluiten bij ieder individueel dier. En dat niet alleen om een maximaal economisch resultaat te bereiken, maar ook om de gezondheid en het welzijn van het dier te bevorderen. De ervaringen met de dynamische aanpak in de praktijk zijn gunstig en laten zien dat efficiënter voeren ook voordelen heeft voor het milieu door vermindering van verliezen aan energie en voedingsstoffen. Met de zelflerende dynamische aanpak blijkt een goed economisch resultaat op maatschappelijk verantwoorde wijze haalbaar.

LITERATUUR

- Centraal Veevoederbureau (2007). *Tabellenboek Veevoeding 2007. Voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarden veevoerders*. Lelystad.
- André, G., Ouweltjes, W., Zom, R. L. G., & Bleumer, E. J. B. (2007). Increasing economic profit of dairy production utilizing individual real time process data. In Cox S. (Ed.), *Precision Livestock Farming '07*, (pp. 179-186). Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- West, M., & Harrison, J. (1997). *Bayesian Forecasting and Dynamic Models*. Second Edition. New York: Springer-Verlag.

GEERT ANDRÉ werkt als Biometricus bij de Animal Sciences Group van Wageningen UR.

E-mail: <Geert.Andre@wur.nl>

ALFONS OUDE LANSINK is hoogleraar Bedrijfseconomie bij de Social Sciences Group van Wageningen UR.

E-mail: <Alfons.OudeLansink@wur.nl>



VEILIG VOEDSELGEDRAG VAN CONSUMENTEN OP SCHAAL

ARNOUT FISCHER

Voedselveiligheid hangt voor een groot deel af van consumentengedrag. Het meeste eten wordt thuis klaargemaakt, en fouten daar kunnen bepalend zijn voor de volksgezondheid en voedselveiligheid. Consumentengedrag is lastig te reguleren door voedselveiligheidswetgeving en epidemiologische modellen omdat we thuis geen controle toelaten. Door simpelweg te registreren wat mensen goed en fout doen, kun je voedselveiligheidsgedrag wel bestuderen, maar de verschillende niveau's in gedragingen blijven zodoende buiten beeld. Bijvoorbeeld: het vakkundig gebruik van een vleesthermometer (lastiger dan je denkt, en als je het verkeerd doet breng je bacteriën naar het

midden van je lapje vlees) hangt af van het bezit van zo'n ding (bijna niemand in Nederland, in Noorwegen heeft vrijwel elk gezin een vleesthermometer). De Nederlandse consument vindt een vleesthermometer overbodig en lastig in gebruik. Aan de andere kant heb je misschien wel eens het televisieprogramma *De Smaakpolitie* gezien, waar keurmeester Rob Geus de meest smerige studentenkeukens laat zien. Het opstapelen van vieze, schimmelende afwas gaat de meeste mensen gelukkig te ver. Het voldoen aan minimale eisen ten aanzien van een schone en veilige keuken en voeding kunnen we daarom ook als voor de hand liggend gedrag beschouwen.

ITEM RESPONS THEORIE MODELLEN

De veel gebruikte klassieke survey-schalen bepalen participantscores op basis van het gemiddelde van de items. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de relevantie, of lastigheid van de items in het vaststellen van dit gemiddelde. Deze aanname kan bestreden worden. In de gerapporteerde survey werd door bijna iedere respondent met 'Altijd' geantwoord op simpel hygiënisch gedrag als 'Als ik bestek/snijplanken afwas, dan gebruik ik heet water' en 'Ik was verse groenten en sla'. Bijna alle respondenten zeiden echter 'Nooit' over extreem hygiënisch gedrag zoals 'Als ik bestek/snijplanken afwas, dan gebruik ik speciaal daarvoor gekocht desinfecterend afwasmiddel' of 'Ik maak een conservenblik schoon voordat ik het open maak'.

Het meenemen van het verschil in moeilijkheid binnen een schaal kan veel informatie geven over respondenten, met name respondenten die dichtbij de extremen van de schaal scoren (de zeer hygiënische en de heel vieze).

Guttman-schalen doen dit door aan te nemen dat het meest moeilijke gedrag een deterministische voorspeller is voor elk makkelijker gedrag is (dus mensen die desinfecterend afwasmiddel hebben zullen zeker groente en sla wassen). Item Response theorieën zien gedragsmoeilijkheid daarentegen als probabilistisch.

Het modelleren van gedragingen met verschillende moeilijkheidsgraad in een enkele schaal van voedselveiligheidsgedrag schaal vergt een bepaalde aanpak. We willen makkelijk gedrag toevoegen om onderscheid te maken tussen de slechtste niveaus, maar ook moeilijk gedrag om zinnig onderscheid te kunnen maken tussen de allerschoonsten. Een Rasch model ligt hiervoor voor de hand (Bond & Fox, 2001). Het Rasch model is een Item Response Theorie model. In een Rasch model worden niet alleen de scores van de deelnemers (*ability scores*) berekend, maar ook de

Hier is het dus mogelijk, hoewel onwaarschijnlijk, dat mensen die desinfecterend afwasmiddel gebruiken niet hun groente en sla wassen. Bij dit soort modellen worden items en proefpersonen op één gemeenschappelijke schaal afgebeeld. De positie van de proefpersoon ten opzichte van het item is dan bepalend voor de kans dat het item bevestigend wordt beantwoord.

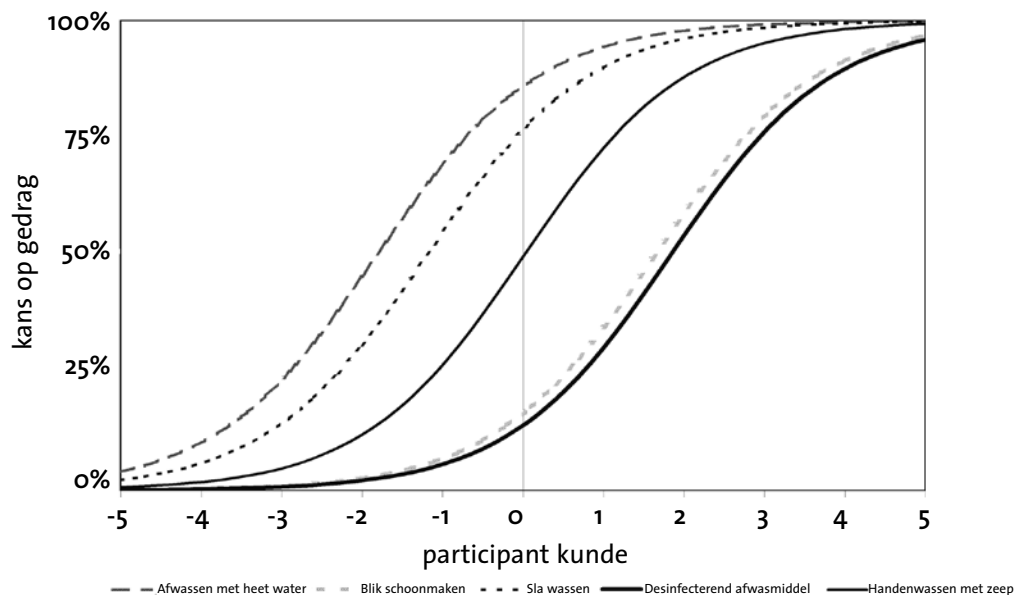
Een Rasch model is een 1-parameter versie van een Item Response model waarbij de moeilijkheid van items varieert, maar het verloop van correcte antwoorden constant is over alle items (zie Figuur 1). Een polytoom Rasch model schat daarnaast ook de afstand tussen itemniveaus (zie Figuur 2).

In een Rasch model wordt de kans (p) dat een bepaald individu (n) met een bepaalde kunde (β) een specifiek gedrag (δ) met moeilijkheidsgraad (i) correct volbrengt gemodelleerd via onderstaande vergelijking. Voor een polytoom Rasch model wordt het mogelijk te schatten dat een specifiek gedrag op een bepaald niveau (k) wordt uitgevoerd afhankelijk van schattingen voor verschillen in moeilijkheid tussen de niveaus (τ_k). Voor een dichotoom Rasch model geldt $\tau_k=0$.

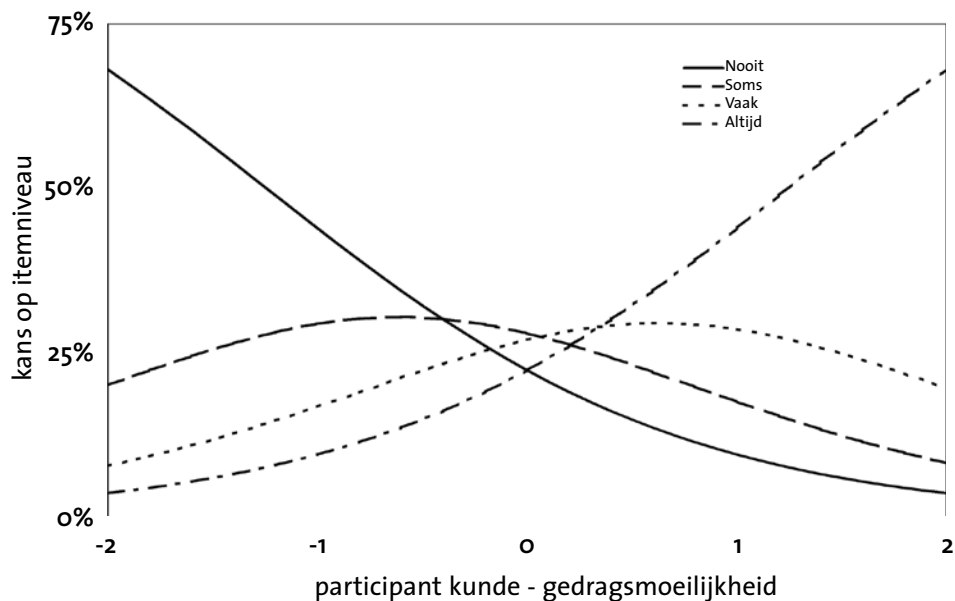
$$p(x = k | \beta_n, \delta_i, \tau_k) = \frac{e^{(\beta_n - \delta_i - \tau_k)}}{1 + e^{(\beta_n - \delta_i - \tau_k)}}$$

moeilijkheid van de vragen (*difficulty scores*). Een belangrijk onderscheid ten opzichte van Guttman schalen is dat het Rasch model een probabilistisch model is. Het is mogelijk om moeilijke gedragingen goed te doen, en makkelijke fout, hoewel dat minder waarschijnlijk is.

De laatste jaren beginnen Item Response Theorie en Rasch modellen mondjesmaat hun weg te vinden naar de consumentenwetenschappen, waar ook niet elke mening, vraag en gedrag volledig vergelijkbaar is. Dit blijkt al uit de beschreven gevallen van vleesther-



Figuur 1. Kanskrommes voor 5 items in het gerapporteerde onderzoek. Met toenemende kunde van de deelnemer neemt de kans op het daadwerkelijk uitvoeren van het gedrag toe. De helling van de curves is gelijk, aangezien in een Rasch model deze helling met één enkele schatter voor alle items bepaald wordt. Een participant met score 0 heeft hier een kans van 50% om het gedrag 'Handenwassen met zeep' te vertonen en een kans van 75% op 'Sla wassen'.



Figuur 2. Voorspeld verloop van de 4 niveaus van een gemiddeld item (handenwassen met zeep) in de gerapporteerde survey. In principe representeren de niveaus kanskrommes met verschillende moeilijkheidsgraden (zie figuur 1); met dit verschil dat toename van een hoger niveau vermindering in de lagere niveaus tot gevolg heeft. De relatief grote overlap tussen de items geeft aan dat in dit geval het gebruik van verschillende niveaus in een polytoom Rasch model maar ten dele extra onderscheidend vermogen in de schaal opleverde, vergeleken met een dichotoom model.

momenter gebruik (moeilijk) en het voorkomen van beschimmelde afwas (makkelijk). Een simpele sommatie van de item scores zal een uiterst ongelukkige datacompressie laten zien. Extreem goede gedragingen, gebruik van thermometers en dergelijke, hebben dan relatief weinig onderscheidend vermogen tussen veilige consumenten, terwijl een vies studentenhuis (bijvoorbeeld mannelijke studenten van een technische universiteit, stereotyperend als het mag zijn) juist door fascinatie voor die thermometer kan compenseren voor grove fouten in de meest elementaire hygiëne.

Voedselveiligheidsonderzoek

In een nationaal Nederlands representatief onderzoek is in samenwerking met het RijksInstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) een lijst van 55 relevante voedselveiligheidsgedragingen opgesteld. Deze lijst bevat voor de hand liggend hygiënisch gedrag, zoals het gescheiden houden van groenten en vlees, het ontdooien van diepgevroren maaltijden en het afkoelen van restjes. De lijst bevat ook extreem veilig gedrag zoals het afdekken van de aanrecht om de snijplank heen bij het bereiden van vlees om besmetting van de aanrecht te voorkomen (een tijdje een advies geweest van de overheid!) en het gebruik van vleesthermometers. Andere extreme gedragingen zijn toegevoegd. Bijvoorbeeld of huisdieren in de keuken, of op de aanrecht mogen komen. (Fischer, Frewer, & Nauta, 2006). De gedragingen in het beschreven voedselveiligheidsonderzoek waren bewust gekozen op een grote spreiding van heel voor de hand liggend tot extreem moeilijk. Dit zorgt ervoor dat de gedragingen een voldoende breed latent construct opspannen om de waar-

de van een Rasch model tot zijn recht te laten komen.

Een polytoom Rasch model met een 4-punts schaal (nooit, soms, vaak, altijd) is gebruikt. Bij een polytoom Rasch model worden de afstanden tussen de schaalpunten geschat, en wordt de schaal in meerdere dichotome intervallen opgedeeld; wat resulteert in een extra set parameters voor het schatten van de afstanden tussen de niveaus. Voor de samengestelde itemset vonden we, via *principal component analysis*, *confirmatory factor analysis* en *Cronbach α* (0.85), voldoende aanwijzing om aan te nemen dat veilig voedselgedrag op één enkele dimensie afgebeeld kan worden. Dit is bevestigd door de Rasch item reliability index ($r=0.83$), een speciaal voor dergelijke data geconstrueerde maat.

Om te kijken of alle vragen inderdaad in de schaal passen wordt de *fit* bekeken. Een waarde lager dan 1 indiceert minder rest-variantie in de data dan te verwachten (overfit); een waarde hoger dan 1 een onderfit (meer rest-variantie in de data dan te verwachten) aangeeft. In de dataset vonden we een beperkt aantal items dat niet voldoende fit vertonen.

Nadere, kwalitatieve beschouwing geeft een duidelijk idee waarom. Het betrof ten eerste een item over het afkoelen van restjes. De verklaring voor de slechte fit is hier verandering van natuurwetenschappelijk en technisch inzicht. Tot een jaar of vijftien geleden werd geadviseerd om restjes eerst op de aanrecht af te laten koelen. Dit leverde weliswaar wat risico voor bacteriegroei in het betreffende restje op, maar op dat moment woog dat meer dan op tegen het probleem van het in de koelkast zetten van een warm restje. Het vermogen van de toenmalige generatie koelkasten was simpelweg niet voldoende om een plotselinge introductie van een warm gerecht aan te

kunnen; de hele koelkast warmde tijdelijk op. De huidige koelkasten kunnen een dergelijke acute warmtetoevoer wel aan. Daarom is het nu beter voedsel warm in de koelkast te zetten. De oudere proefpersonen die over het algemeen het veiligst scoren, zijn hier juist het minst veilig; zij hebben waarschijnlijk deze omkering gemist, en gaan nu lijnrecht tegen de meest moderne ideeën in. Een andere slechte fit vinden we bij twee vragen over het toelaten van huisdieren in de keuken. Het blijkt dat de meeste eigenaren van huisdieren consequent zijn (Martin Gaus mag trots zijn): of de keuken is verboden terrein, of zij accepteren dat hun huisdier overal in de keuken komt.

Al met al was de schaal voldoende sterk om verder te gebruiken. Ook in een volgend onderzoek bleek dat de schaal robuust was in een beperkte itemset en een andere context (Fischer & Frewer, in press).

Resultaten

Als we kijken welke mensen veilig gedrag rapporteren tekent zich een stereotypisch beeld af. Hoogopgeleide jonge mannen (de studenten) zijn de viespeuken. Oudere huisvrouwen zijn juist heel veilig. Als we de gemiddelde oudere huisvrouw bekijken voorspellen we dat zij met 77% waarschijnlijkheid de binnenkant van een lap vlees op gaarheid controleert voordat ze deze opdient, voor de jonge mannelijke studenten hebben we maar 35% kans dat een dergelijke controle plaatsvindt (Fischer et al, 2006). Dit levert een voorspelbaar beeld op, waarbij we graag bij degelijke huisvrouwen aanschuiven maar onze wenkbrauwen kunnen optrekken over het hygiëne en veiligheids-gedrag van mannelijke studenten. De resultaten geven ook handvatten voor gedragsverbetering.

Als je de meest basale dingen aan een 'huisvrouw' gaat vertellen, is ze volgens ons snel geneigd te geloven dat deze informatie niet voor haar bedoeld is, en is misschien zelfs beledigd dat zulke trivialiteiten worden verteld (ze heeft nog gelijk ook). Aan de andere kant is er bij studenten juist heel veel gezondheidswinst te halen in hen te overtuigen van het nut van de *basics*.

De toevoeging van Rasch en IRT modellen in voedsel en consumenten gedrag lijkt een zeer waardevolle ontwikkeling. Het staat toe verschillend gedrag ook echt als verschillend te behandelen, en gerichte interventies te ontwerpen. Bovendien is het in onze ervaring, een dusdanig technische methode is dat wij als psychologisch onderzoekers er eindelijk eens in slagen het respect van de natuurwetenschappers af te dwingen.

Het beschreven onderzoek is uitgevoerd in een project gefinancierd door ZonMW: 014-12-033. Prof dr Lynn Frewer (WU-MCB) en dr Maarten Nauta (RIVM – tegenwoordig DTU Fødevareinstituttet, Nationaal voedings-instituut Technische Universiteit Denemarken) zijn essentiële co-auteurs geweest in het schrijven van de originele publicaties.

LITERATUUR

- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2001). *Applying the Rasch Model, fundamental measurement in the human sciences*. MahWah, NJ: Erlbaum.
- Fischer, A. R. H., & Frewer, L. J. (in press). Reliability of the Rasch Food Safety Practices scale. *Appetite*.
- Fischer, A. R. H., Frewer, L. J., & Nauta, M. J. (2006). Towards improving Food Safety in the Domestic Environment: A multi-item Rasch scale for the measurement of the safety efficacy of domestic food handling practices. *Risk Analysis*, 26(5), 1323-1338.

ARNOUT FISCHER is universitair docent consumenten gedrag bij de leerstoelgroep Marketing and Consumer Behaviour aan Wageningen Universiteit.
E-mail: <arnout.fischer@wur.nl>

VOEDSEL VOOR HET BREIN

Wat zijn de recente hoogtepunten in de statistiek en de operations research? Columnist Fred Steutel moest in de vorige *STATOR* het antwoord schuldig blijven, en liet de lezer ontredderd achter. Armzalige tijden zijn het, volgens Fred. Ik begrijp hem wel, want de blik van één individu is niet langer toereikend om de grote verbanden te ontdekken, en laat dat nu juist een mogelijk antwoord op de vraag zijn.

JOHAN VAN LEEUWAARDEN

Radertjes in complexe netwerken zijn we. Onderdelen in iets dat onze voorstelling te boven gaat. Een e-mail verlaat het scherm, verdwijnt vervolgens in het world wide web, om ergens in Nieuw-Zeeland weer op te duiken. Bacillen treffen voorbijgangers, die vervolgens vakanties boeken naar onmogelijke oorden. We bumperkleven en trekken op, maar geen mens die de files begrijpt. Door de bomen het bos niet meer zien, dat is het.

Dat heeft ook mooie kanten. Complexe netwerken of bewegende mensenmassa's vormen grafen waarop zich processen afspelen: data van a naar b, het virus dat om zich heen grijpt of de forensen op maandagmorgen. En grafen worden al snel statistiek als de processen onvoorspelbaar blijken, of operations research als we gaan denken in termen van kosten en optimalisatie.

Zoekmachines moeten miljoenen sites snel

in kaart brengen, draadloze netwerken moeten betrouwbaar zijn, het weggennet mag niet dichtslippen en virussen willen we isoleren. We willen de processen doorgronden en liefst sturen, en daar komt fraaie wiskunde bij kijken.

Maar wat hebben complexe netwerken met voedsel (het thema van dit nummer) van doen? Bij complexe netwerken draait het om het grote geheel. Lokale interacties bepalen alles, maar zeggen niets. Nu mag ik graag eten, bij voorkeur iets uit de regio. Maar een doorsnee recept bevat twintig ingrediënten, waarvan de helft van buiten Europa moet komen. De hele wereld komt samen in mijn eenpansgerecht. Een behoorlijk complex netwerk lijkt me.

Voedselnetwerken laten zich prachtig beschrijven. Neem verse vruchten. De mens wil de vrucht rijp, niet rot. Mens en vrucht bewegen over

de aardbol om elkaar op het juiste moment te treffen. Tal van vraagstukken en toch doen we weinig aan wiskunde voor voedselnetwerken. Misschien omdat eten en denken maar moeilijk samen gaan. NWO heeft laatst het programma *Dynamica van complexe systemen* gelanceerd. De kleurrijke brochure bevat beschrijvingen van complexe netwerken in de biologie, sociologie, wiskunde en wat dies meer zij, maar voedselnetwerken ontbreken.

Onderzoekers in voedselnetwerken hebben volop kansen bij de NWO-oproep die ergens dit najaar uitgaat. Er is dan wel een stevig verhaal nodig, met de nadruk meer op het dynamische netwerk en minder op de logistiek, maar dat laat ik graag aan de experts. Wel wil ik een logo suggereren. Wat de panda is voor het Wereldnatuurfonds, kan de banaan worden voor voedselnetwerken. Niets is banaler dan de banaan, de vrucht die we als prismaat al voor lief zijn gaan nemen. Maar de banaan heeft het zwaar. Vroegtijdig geplukt worden, onderkoeling, een lange bootreis en kunstmatig rijpen door ethyleen; slechts een greep uit wat de banaan zoal meemaakt. Waarom bananen krom zijn weten we nu wel. Maar waarom zijn ze tegenwoordig groen? Waarom komen ze bruin uit mijn tas? Waar komt de banaan eigenlijk vandaan? Welk netwerk brengt de banaan van de boom tot in de schappen en kan dat beter? Dat zijn de vragen.

Maar de hamvraag betrof actuele ontwikkelingen in het land van *STaTOR*. Mijn antwoord: theorieën voor complexe netwerken. Dertig jaar geleden kon niemand vermoeden hoezeer alles verstrengeld zou raken. En er valt nog iets over te zeggen ook, dus voldoende voedsel voor het brein.

*JOHAN VAN LEEUWAARDEN is werkzaam in de groep Stochastische Besliskunde bij de faculteit Wiskunde en Informatica van de TU Eindhoven. Tevens is hij research fellow bij EURANDOM.
E-mail: <j.s.h.v.leeuwaarden@tue.nl>*

Stochastics Meeting Lunteren 2009

De alweer 38e jaarlijkse Lunteren conferentie zal plaatsvinden op 16-18 November 2009 in:
Congrescentrum De Werelt te Lunteren.
Westhofflaan 2, Lunteren, (0318) 484641

ORGANISATIE

Richard Gill (Leiden)
Mike Keane (Wesleyan)
Marie-Colette van Lieshout (CWI)

SPREKERS

Vincent Beffara (Lyons)
Sara van de Geer (Zürich)
Mădălin Guta (Nottingham)
Vilmos Komornik (Strasbourg)
Victor Panaretos (Lausanne)
Károly Simon (Budapest)

AANMELDEN

tussen 11 augustus en 1 oktober

VOOR VERDERE INFORMATIE

Marie-Colette van Lieshout,
e-mail: <congressen@cw.nl>
en via de website: <[www.cwi.nl/en/events/2009/
Stochastics-Meeting-Lunteren-2009](http://www.cwi.nl/en/events/2009/Stochastics-Meeting-Lunteren-2009)>



CAN WE EXPECT LIFE FROM MARS?

Toepassing van Multiple Adaptive Regression Splines (MARS) voor het voorspellen van smaak en geur

Hoe beïnvloedt een verandering in samenstelling of productieproces de smaak van een voedingsmiddel? Kan de kwaliteit van natuurlijke producten zoals olijfolie of vlees gecontroleerd worden op basis van instrumentele *fingerprints* zoals gemeten met gaschromatografie? Kan het complexe aromaprofiel van boter gekarakteriseerd worden om deze vervolgens na te bootsen in de fabricage van margarine met echte botersmaak? Om deze vragen te kunnen beantwoorden moet men in staat zijn het ontstaan van smaak of aroma te begrijpen en te voorspellen. Het verband tussen samenstelling (bijv. ingrediënten) en waargenomen smaak of geur kan echter heel complex zijn. In dit artikel wordt een nieuwe benadering beschreven om tot modellen te komen die dit verband beschrijven.

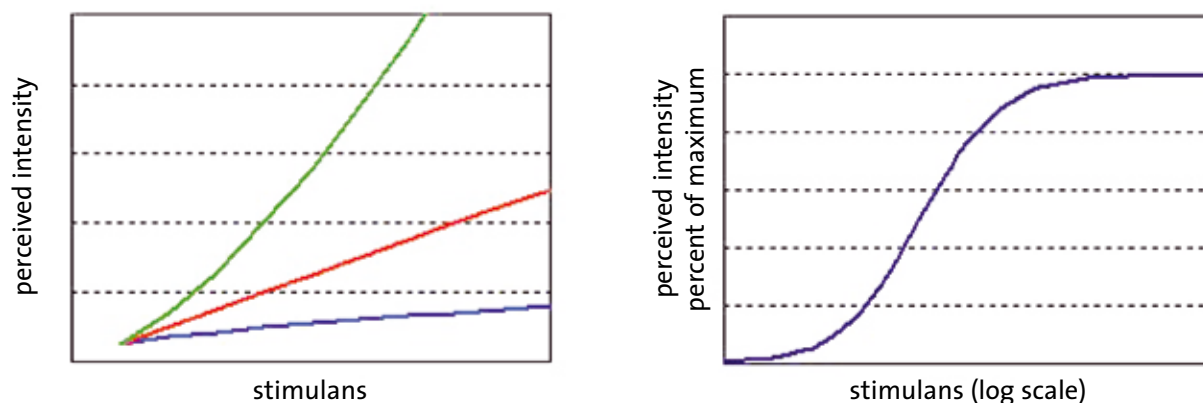
Als voedingsmiddelbedrijf dat onder andere margarine, (tomaten)saus, bouillons, ijs en veel meer produceert, is Unilever natuurlijk geïnteresseerd in smaak- en geurmodellen. Modellen om de invloed van grondstoffen, samenstelling en productieproces te kunnen controleren en producten met een hoge smaak kwaliteit op de markt te kunnen brengen.

Voorspellen van smaak en geur: complexiteit en traditionele aanpak

Het voorspellen van smaak of aroma (geur van voedingsproducten) op basis van fysisch-chemische eigenschappen van voedingsmiddelen is een uitdaging, die zowel de voedingsmiddelenindustrie als de academische wereld al jaren bezig houdt. Redenen daarvoor zijn de complexiteit van smaakontwikkeling en van smaakperceptie. Ten eerste zijn voedingsmiddelen heel complexe systemen: een groot aantal parameters kan de smaak beïnvloeden zoals de ingrediënten, de pH, de textuur, de procescondities waaronder het product gemaakt wordt, enzovoorts. Bovendien

kan het verband tussen producteigenschappen en waargenomen smaak of geur heel ingewikkeld zijn. Bijvoorbeeld, er kan een niet-lineair verband bestaan tussen de concentratie van een bepaalde geurende component en waargenomen geur. Onder een bepaalde drempel wordt de component niet waargenomen, terwijl er boven een bepaalde drempel geen toename meer wordt waargenomen door verzadiging van de geurreceptoren in de neus. Die drempels verschillen per component en per individu. Verder kan er een wisselwerking bestaan tussen verschillende producteigenschappen en tussen verschillende smaken en geuren. Dit gebeurt bijvoorbeeld als men suiker in koffie toevoegt om bitterheid te maskeren. Deze interacties kunnen in de mond gebeuren op receptor niveau wat we *peripheral effect* noemen, maar het kan ook iets zijn die in onze hersenen ontstaat; dit wordt dan *central effect* genoemd.

Niet-lineaire psychometrische functies zoals Fechner's law, Stevens's law of de sigmoïdale Beidler functie (Figuur 1) worden vaak gebruikt om de invloed van een enkel ingrediënt op smaak en geur te beschrijven. Interacties tussen ingrediënten worden meestal bestudeerd in modelsystemen en



Figuur 1. Voorbeelden van psychometrische functie die gebruikt worden om het verband tussen stimulus en perceptie te beschrijven (Stevens's power law, links en Beidler sigmoïdale functie, rechts)

beperkt tot enkele, goed gecontroleerde parameters, bijv. door middel van een proefopzet. In het geval van complexe systemen zoals voedingsmiddelen speelt echter een groot aantal parameters een rol en zeker in natuurlijke producten is het niet altijd mogelijk die allemaal te controleren. Vaak wordt dan een *fingerprint* van het product gemeten bijv. door middel van gaschromatografie. Deze geeft dan een profiel van alle vluchtige verbindingen aanwezig in het product. In andere gevallen wordt een reeks aan technieken gebruikt om verschillende aspecten te karakteriseren. Vervolgens worden multivariate regressietechnieken toegepast zoals *Multiple Linear Regression* of *Partial Least Squares Regression* om het verband tussen fysisch-chemische eigenschappen en smaak of geur vast te kunnen stellen. Echter, complexe interacties en niet-lineariteit kunnen met deze technieken niet bevredigend worden onderzocht. Een additioneel probleem is dat het model *a priori* moet worden gespecificeerd terwijl de exacte vorm van het verband tussen onafhankelijke en afhankelijke variabelen onbekend is. Het vergelijken en vooral het interpreteren van meerdere alternatieve modellen wordt snel onhandelbaar, gegeven dat het aantal mogelijke modellen snel groeit met het aantal variabelen en verschillende modellen tot een vergelijkbare fit kunnen leiden (*multiplicity of models*). Het gebruik van *data-mining*-technieken zoals MARS kan dan uitkomst bieden voor exploratieve doeleinden om grote voedingsmiddeldatabases te doorzoeken op mogelijke ingrediënteffecten.

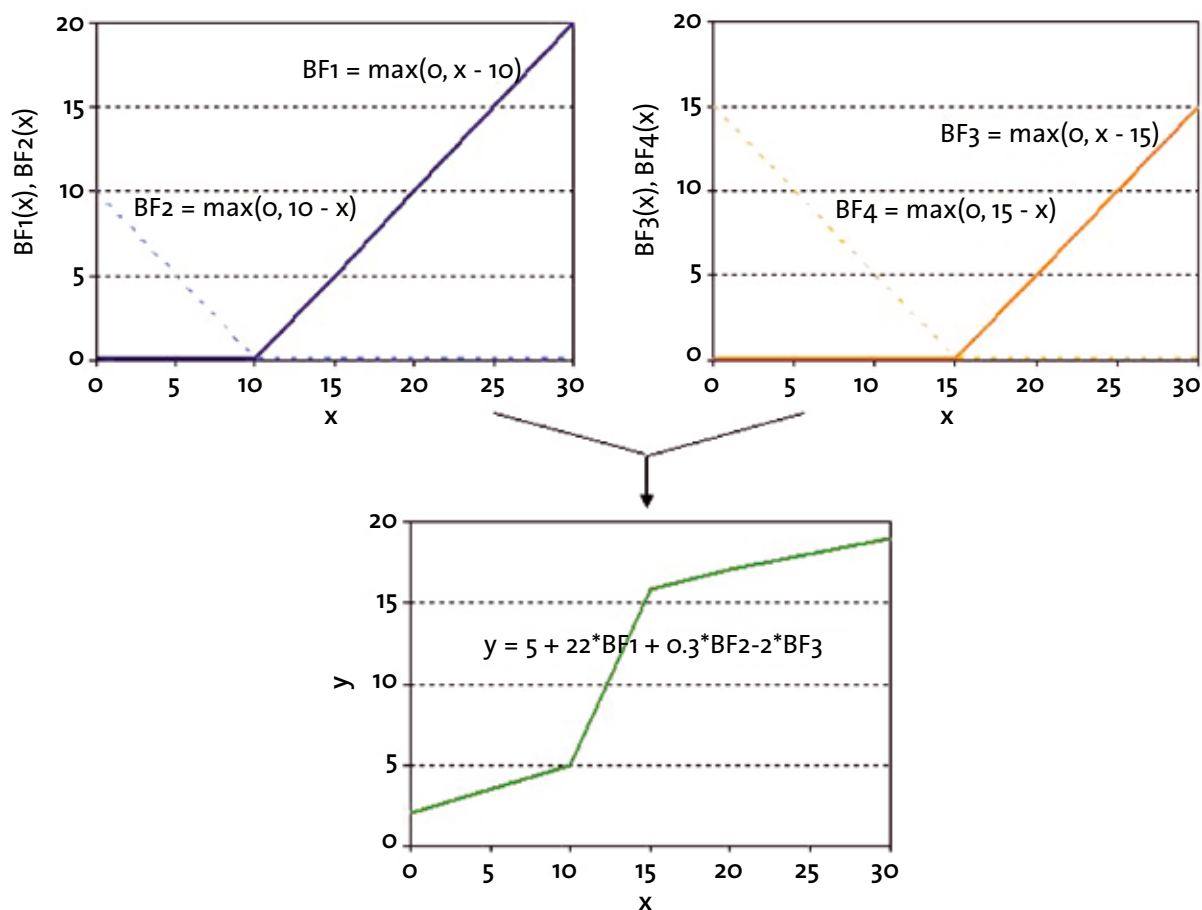
Multiple Adaptive Regression Splines (MARS)

MARS is in de jaren negentig ontwikkeld door J.H. Friedman als *data-mining*-techniek voor het flexibel modelleren van hoog-dimensionale data. In het kort kan het beschreven worden als een stuksgewijs

lineaire regressie. Het model wordt automatisch gebouwd op basis van een simpel werktuig, de zogenaamde lineaire *spline*. Voorbeelden van lineaire *splines* worden gegeven in Figuur 2. Een *spline* wordt gekarakteriseerd door een onafhankelijke variabele (x) en een *breaking point* (knoop), en is nul als de waarde van x onder de knoop c ligt en $x - c$ als het boven de knoop ligt. Een *spline* wordt altijd geïntroduceerd in het model samen met zijn spiegelbeeld. Al met een paar *splines* is het mogelijk om een complexe niet-lineaire curve na te bootsen, zie Figuur 2. Een MARS model is dus een multivariate lineaire combinatie van lineaire *splines*. MARS modellen, die ook beschouwd kunnen worden als lokale regressiemodellen, zijn heel flexibel in de zin dat ze kunnen omgaan met zowel categorische als continue variabele en zelfs met *missing values*, met complexe niet-lineaire verbanden en hoge-orde interacties.

In de eerste fase van het algoritme worden *splines* stapsgewijs toegevoegd aan het model om de fit te verbeteren. Het selecteren van nieuwe *splines* is gebaseerd op een uitvoerige analyse van alle mogelijke variabelen en knopen met behulp van een krachtig algoritme. In de tweede fase worden de *splines* met de kleinste bijdrage aan de performance van het model één voor één verwijderd. Dit noemen we de *pruning* fase. Modellen worden vergeleken met behulp van de *Generalized Cross Validation criteria* (GVC criteria): de residuele kwadratensom gewogen met een penalty voor modelcomplexiteit. Tenslotte wordt het model met optimale complexiteit geselecteerd, meestal op basis van cross-validatie of gebruikmakend van een aparte testset.

Het uiteindelijke model beschrijft welke variabelen een rol spelen en geeft ook de vorm van de relatie tussen de geselecteerde onafhankelijke variabele en de gemodelleerde *response* middels de regressiecoëfficiënten. Interacties tussen variabelen zijn mogelijk. Dit kan leiden tot heel ingewikkelde modellen. Om de complexiteit te beper-



Figuur 2. Hoe een niet-lineair verband (sigmoid-functie) benaderd kan worden door lineaire combinaties van *linear splines*

ken en *overfitting* te voorkomen is het inbouwen van een cross-validatie stap dus van groot belang. Visualiseren van de bijdrage van variabelen helpt bij het interpreteren van het model. Wat ook helpt is het vergelijken van de belangrijkheid van variabelen, gekwantificeerd als de toename in GVC na eliminatie van de variabele uit het model.

Toepassing en evaluatie op het voorspellen van zuursmaak

We hebben de toepassing van het MARS-algoritme geëvalueerd voor het voorspellen van smaak. Een

database met informatie over de smaak - en met name de zuursmaak - van mayonaise en dressing werd gebruikt. Deze database bevat fysisch-chemische metingen zoals samenstelling, aciditeit, pH en textuur, en sensoriele informatie (kwantitatieve smaak informatie van die producten beoordeeld door een getraind sensorisch panel) voor circa 270 zowel commerciële als specifiek voor deze studie gemaakte producten.

Een model met 21 basisfuncties gebaseerd op 11 parameters werd geselecteerd. Dit model suggereert de aanwezigheid van niet - lineaire effecten en interacties tussen parameters. Heel interessant in het kader van aroma - en smaakperceptie is het

feit dat locale interacties mogelijk zijn. Het kan inderdaad zijn dat ingrediënten elkaar versterken onder een bepaalde drempel maar daarna niet meer, of andersom. De fit van het model is vergelijkbaar met, of beter dan, geteste alternatieven zoals MLR, PLS en non-linear regression. Het geselecteerde model kan goed verklaard worden met de bestaande kennis van het mechanisme van zuursmaakperceptie. Het geeft met name nieuwe inzichten in mogelijke locale interacties. Zo werd in deze studie de belangrijke rol van zout op zuursmaak bevestigd en een lokaal synergetisch effect met totale aciditeit gesuggereerd.

Echter, naarmate het geselecteerde model ingewikkelder wordt, wordt ook de interpretatie moeilijker. Bovendien blijft – ondanks de cross-validatieprocedure – de afweging tussen fit en complexiteit deels een subjectieve beslissing.

Deze studie heeft aangetoond dat MARS een bruikbare techniek is voor het modeleren van smaak en aroma. Het biedt voornamelijk perspectief als het gaat om exploratieve studies en hypothesevorming, als weinig bekend is over de mechanismen en de belangrijkste ingrediënten. Echter, men moet heel goed opletten voor *over-fitting*. Validatie van het model door additionele experimenten blijft daarom altijd een vereiste, zeker als men meer geïnteresseerd is in het begrijpen van het mechanisme dan in het nauwkeurig voorspellen van de smaak. Het grootste nadeel van deze technieken is dan ook dat het tamelijk grote databases vereist, wat heel prijzig kan blijken.

LITERATUUR

Friedman, J. H. (1991). Multivariate Adaptive Regression Splines. *The Annals of Statistics*.

CLAIRE BOUCON werkt als toegepaste statisticus bij het Unilever Research and Development Centre in Vlaardingen, met name op het gebied van sensometrie en psychometrie.

E-mail: <Claire.Boucon@unilever.com>

ORTEC EXCELLENCE IN ADVANCED PLANNING AWARD 2010

**Geef je op en maak kans op € 1.000, plus
een publicatie van het onderzoek in STATOR!**

Om succesvol en praktisch onderzoek van promovendi aan Nederlandse universiteiten in het Operations Research vakgebied te stimuleren, heeft ORTEC in samenwerking met het Nederlands Genootschap voor Besliskunde (NGB) de ORTEC Excellence in Advanced Planning Award 2010 in het leven geroepen. Heb jij OR-onderzoek gedaan dat ook daadwerkelijk is geïmplementeerd? Geef je dan op voor de ORTEC Excellence in Advanced Planning Award 2010 en maak kans op € 1.000, plus een publicatie van het onderzoek in *STATOR*! Je kunt deelnemen aan de competitie door het insturen van een document waarin kort (maximaal 3-4 pagina's) beschreven wordt wat je met een OR-onderzoek hebt bereikt. Stuur het document **vóór 16 november 2009** naar secretariaat@ngb-online.nl. Meer informatie en de eisen aan de deelname vind je op www.ortec.nl/award

SEMINAR REIZIGERSAANTALLEN NS

**Op dinsdag 27 oktober 2009 van 8.30-12.00, in
Het Trefpunt, NS Hoofdgebouw IV,
Laan van Puntenburg 100, Utrecht.**

NS wil graag meer gedetailleerd weten hoeveel reizigers er in de trein zitten. Hiertoe heeft NS een wedstrijd uitgeschreven om dit met wiskundige methoden uit vele gegevensbronnen af te leiden. De afgelopen maanden hebben drie teams van gerenommeerde organisaties zich over deze vraag gebogen. Tijdens dit seminar zullen deze teams hun methoden en resultaten presenteren. Ook wordt er bekend gemaakt welk team de aantallen reizigers per trein het best weet in te schatten. Aanmelden via een e-mail aan SeminarReizigersaantallenNS@gmail.com. Hier zijn geen kosten aan verbonden; het aantal inschrijvingen is wel beperkt tot 100.



IS DE HERVORMING VAN HET EU-LANDBOUWBELEID EFFECTIEF?

Met behulp van micro-econometrische modellen is het mogelijk het gedrag van boeren te simuleren. Daarmee zijn deze modellen een instrument om de economische effecten van wijzigingen in het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid van de Europese Unie te bepalen. Deze bijdrage laat, met behulp van een model voor de Nederlandse melkveehouderij, zien dat er getwijfeld kan worden aan de effectiviteit van de verandering van het EU-zuivelbeleid.

JACK PEERLINGS

In de Europese Unie (EU) is er door de afgenomen economische betekenis van de landbouw en de grote zorg om de negatieve externe effecten van

de landbouw (overbemesting, dierenwelzijn, aantasting landschap) minder politieke steun om aan boeren nog inkomenssteun te geven. Daarbij

komt de kritiek van ontwikkelingslanden dat de EU haar landbouw teveel ondersteunt waardoor er sprake is van oneerlijke concurrentie op de wereldmarkt. Verder is er de verwachting dat de komende jaren de prijzen van landbouw- en voedselproducten op de wereldmarkt zullen stijgen door de toegenomen vraag van landen als China en India. Verder is er om de afhankelijkheid van olie te verminderen en de CO₂ productie terug te dringen een grotere vraag naar landbouwproducten (bijv. maïs) om biobrandstoffen en andere bio-based producten te produceren. De te verwachte stijging in prijzen verlaagt ook de noodzaak tot inkomensondersteuning.

De EU ondersteunt de inkomens van haar boeren door het zogenaamde Gemeenschappelijke Landbouwbeleid (GLB). Ze doet dat door de vraag en het aanbod van landbouwproducten te beïnvloeden waardoor de prijzen en daarmee de inkomens van boeren stijgen. Zo zijn er hoge invoerheffingen (die de vraag naar buitenlandse producten terugdringt) en exportsubsidies (die de buitenlandse vraag stimuleert). Aanbodquota voor melk en suiker beperken het binnenlandse aanbod. De hervorming van het EU landbouwbeleid richt zich sinds 2003 op de verlaging van de prijssteun. Er vindt gedeeltelijke inkomenscompensatie plaats via directe inkomens toeslagen die niet gekoppeld zijn aan de productie. Voor de toekomst wil de EU verder op deze weg. De belangrijkste voorgenomen verandering is de verruiming van de melkquota en verdere daling van de prijssteun (zonder inkomenscompensatie) in de melkveehouderij.

Zuivel is de belangrijkste agrarische sector in Nederland. Melkveehouderij, toeleverende bedrijven en de zuivelindustrie realiseerden in 2007 voor meer dan 7,7 miljard euro aan toegevoegde waarde en voor bijna 140.000 arbeidsjaren werkgelegenheid (LEI, 2009). Er is, gegeven het belang

van de sector, behoefte aan economische modellen die de effecten van het hervorming van het GLB kunnen bepalen. Een van de gebruikte types van modellen is het micro-econometrische model. Zo'n model richt zich op de reactie van individuele boeren op een beleidswijziging. Door het gebruik van een representatieve steekproef is dan de beleidsreactie op landenniveau te bepalen. In deze bijdrage bespreken we een dergelijk model, en haar uitkomsten, dat gebruikt is om de effecten in Nederland van de hervorming van het EU-zuivelbeleid als onderdeel van het GLB te bepalen.

Gedrag boeren

Agrarische productie vindt plaats op familiebedrijven waar het grootste deel van de ingezette arbeid en kapitaal afkomstig is van het agrarisch huishouden. Inkomen van agrarische huishoudens wordt gevormd door inkomen uit het bedrijf, inkomen van buiten het bedrijf en directe inkomens toeslagen. Het inkomen uit het bedrijf is gelijk aan de winst minus betaalde 'vaste' kosten zoals rentebetalingen en lonen. Winst wordt gedefinieerd als het verschil tussen opbrengsten en variabele kosten. Opbrengsten zijn de prijzen maal de hoeveelheden van de door het bedrijf geproduceerde producten. Variabele kosten zijn de prijzen maal de hoeveelheden (kosten) van de variabele inputs. Variabele inputs zijn inputs waarvan het gebruik afhangt van het productie-niveau (bijvoorbeeld voer). Maximalisatie vindt plaats onder restricties. Enerzijds zijn dat de prijzen voor outputs en inputs. We nemen aan dat individuele boeren niet de prijzen kunnen beïnvloeden. Verder zijn er technologie-restricties. Deze restricties geven aan hoe variabele en vaste inputs worden omgezet in eindproducten. Vaste

inputs zijn arbeid, kapitaal en grond waarvan het gebruik vastligt. De technologie-restricties worden in dit onderzoek vervangen door één functie. Voor deze productiefunctie is een flexibele functievorm gekozen. Flexibele functievormen zijn tweede-orde benaderingen van willekeurig welke functie en dus ook van de 'echte' productiefunctie. In het punt waar de winst het hoogst is is het niet mogelijk om door middel van aanpassing van inputs en outputs de winst te laten stijgen. In dat punt is de waarde van het marginale product van een variabele input, de prijs van de output maal de extra output per eenheid variabele input, gelijk aan de prijs van de variabele input. Dit noemen we de eerste-orde conditie van winstmaximalisatie.

Bij één output hebben we voor elke variabele input één dergelijke eerste-orde conditie van winstmaximalisatie. Indien we n variabele inputs hebben dan hebben we als onbekenden de hoeveelheden van de n variabele inputs en het niveau van output én in totaal $n+1$ vergelijkingen, namelijk de n eerste-orde condities en de productiefunctie. Dit stelsel is oplosbaar en geeft de hoeveelheden van de variabele inputs en output waarbij de winst maximaal is (zie o.a. Chambers, 1988).

In het geval van melkquota is naast de vaste inputs ook de productie van melk vast. In het geval van vaste outputs en inputs wijken de schaduw prijzen af van de werkelijke prijzen. De schaduw prijzen geven aan hoe de winst stijgt wanneer het 'vaste' outputniveau en inputniveau marginaal stijgt. De schaduw prijzen van de vaste inputs worden bepaald door de eerste-orde condities van winstmaximalisatie voor de vaste inputs op te stellen. In die vergelijkingen is de (schaduw) prijs endogeen terwijl het inputniveau exogeen is, bij variabele inputs is dit dus omgekeerd. De schaduw prijs voor de vaste output (melk) is te

bepalen door in het stelsel van eerste-orde condities en productiefunctie output vast te nemen en de (schaduw)prijs van melk endogeen (Ooms and Peerlings, 2005).

Met het zo ontstane model van eerste-orde condities van winstmaximalisatie, schaduw prijzen en productiefunctie kunnen simulaties worden uitgevoerd. Er kan worden nagegaan hoe productie, het gebruik van variabele inputs en schaduw prijzen veranderen in het geval prijzen en hoeveelheden vaste inputs of outputs (melk-quota) veranderen.

Data en econometrische schatting

Data

Om de reactie van boeren te kunnen bepalen zijn bedrijfsgegevens nodig over een reeks van jaren. Data over een reeks van jaren zijn essentieel indien men bijvoorbeeld de invloed van prijsveranderingen wil meten. Gegevens van één jaar ontberen die variatie.

In de EU worden deze paneldata gegevens (i.e. FADN) verzameld omdat de EU inkomens- en structuurontwikkelingen wil monitoren. Voor Nederland verzamelt het LEI deze gegevens. Deze zogenaamde BIN data zijn gebruikt in het onderzoek.

Micro-econometrie

Schatting gebeurt met paneldata schattingstechnieken waarmee het mogelijk is een zekere mate van bedrijfsspecificiteit mee te nemen. Het meest gebruikt zijn fixed effect schattingen maar ook random effect schattingen worden gebruikt. In dit onderzoek is een symmetrisch kwadratische productiefunctie geschat (Ooms en Peerlings, 2005). Deze functie is continu en tweede-orde afgeleiden kunnen worden bepaald. Verder is er een fixed effect opgenomen om bedrijfsspecifieke verschil-

len tussen bedrijven op te nemen. De schatting is uitgevoerd met Generalised Method of Moments (Greene, 2008). De geschatte vergelijking wordt gebruikt om de eerste-orde condities van winst-maximalisatie en de schaduwprijsvergelijkingen af te leiden. Met deze vergelijkingen worden voor elk bedrijf afzonderlijk in de steekproef de beleids-effecten uitgerekend (gebeurt met GAMS, Brooke, et al. 1988). Daarna vindt aggregatie plaats, wat mogelijk is gezien de representatieve steekproef.

Simulaties

In deze paragraaf wordt op basis van het geschatte model nagegaan wat de gevolgen zijn van de eerste stap in het hervormingsbeleid van de EU wat betreft zuivel. Daarvoor is gekeken wat de gevolgen zijn van een uitbreiding van het melkquotum met 1,5% en een verwachte daling van de melkprijs met 21%.

Tabel 1 laat zien dat bij een stijging van de melkproductie met 1,5% de schaduwprijs van de melkquotum daalt (-42,4%). Het is dus minder winstgevend om een extra hoeveelheid quotum aan te kopen. De overige output is vast verondersteld. De daling van de schaduwprijs van de overige output laat zien dat het ook minder winstgevend is die overige output te produceren. De vraag naar alle variabele inputs stijgt. De vraag naar vee stijgt meer dan de 1,5% waarmee de melkproductie stijgt. Dit is te verklaren doordat een stijging van de melkproductie moet gebeuren met minder productieve koeien. De schaduw-prijzen van de vaste inputs stijgen ook. Wanneer meer van deze inputs kunnen worden aangetrokken zal de winst stijgen. De schaduwprijs van gebouwen daalt echter. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door substitutie van gebouwen door variabele inputs maar ook door de niet significante schattingsresultaten voor gebouwen. Dit

Scenario	
Melkproductie	1,5
Melkprijs	-21,0
Hoeveelheden:	
Vee	2,3
Overige variabele input	2,3
Schaduw prijzen:	
Arbeid	0,3
Gebouwen	-5,6
Machines	3,0
Grond	2,3
Overige output	-22,0
Quotum	-42,4
Overig:	
Marginale kosten	0,2
Winst	-22,0
Winst €/ton productie	-66,1

Tabel 1. Gevolgen van een 1,5% uitbreiding van het melkquotum en een 21% melkprijzdaling (procentuele verandering ten opzichte van de feitelijke situatie in 1999).

wordt waarschijnlijk veroorzaakt door problemen bij de waardering van gebouwen. De uitkomsten laten ook zien dat de daling van de winst, het inkomen uit bedrijf, groter is dan de inkomenscompensatie in de vorm van directe inkomens-toeslagen (€ 35,5 per ton). De hervorming van het zuivelbeleid leidt daarmee tot lagere inkomens op korte termijn. Gezien het feit dat verdere hervormingen op stapel staan zullen de inkomens in de melkveehouderij verder onder druk komen staan. Bedrijfsspecifieke uitkomsten laten zien dat de inkomensachteruitgang het grootst is bij kleine en middelgrote bedrijven. Kleine bedrijven hebben echter in tegenstelling tot middelgrote bedrijven vaak alternatieve inkomensbronnen, meestal

in de vorm van loonarbeid buiten het bedrijf. Het gevolg is dat vooral de middelgrote bedrijven de grootste totale inkomensachteruitgang hebben.

Met een vergelijkbaar model (Peerlings en Polman, 2004) is ook gekeken wat de gevolgen van de hervorming van het EU-zuivelbeleid zijn voor het agrarisch natuurbeheer door melkvee-houders. Uitkomsten laten zien dat het agrarisch natuurbeheer in omvang afneemt. Melkproductie en agrarisch natuurbeheer zijn substituten. Het is vooral het gebrek aan uitbreidingsmogelijkheden, o.a. veroorzaakt door de melkquota, dat boeren laat zoeken naar alternatieve inkomstenbronnen waarvan agrarisch natuurbeheer er een is.

In een ander artikel (Ooms en Peerlings, 2008) wordt meer specifiek naar het stoppen van bedrijven en groei van bedrijven gekeken als gevolg van de hervorming van het EU-zuivelbeleid. Voor dat doel is zowel de kans op stoppen als de groei van bedrijven verklaard uit de variabelen zoals opgenomen in Tabel 1, maar ook door kenmerken van het agrarisch huishouden zoals leeftijd en opleidingsniveau van de boer. Uitkomsten en simulaties met dit model laten zien dat een stijging van de melkproductie leidt tot een daling van het aantal bedrijven dat stopt. Maar ook dat het stoppen van het bedrijf vooral wordt bepaald door de leeftijd van de boer en of hij of zij al dan niet een opvolger heeft. De directe inkomensstoe-slagen beïnvloeden de groei negatief en de kans dat een bedrijf stopt neemt af.

Discussie en conclusies

Dit artikel startte met de constatering dat de toegenomen zorg om milieu, natuur en landschap aanleiding is om het GLB en meer in het bijzonder het EU-zuivelbeleid te hervormen. Ook de negatieve effecten voor ontwikkelingslanden van het gesubsidieerde zuivelbeleid geven aanleiding

tot hervorming. De hervorming van het beleid gebeurt in de vorm van melkprijzdaling (door verlaging of afschaffen van de exportsubsidies en verlaging van de invoerheffingen), het verruimen van de melkquota (met als uiteindelijk doel afschaffing) en het geven van directe inkomenssubsidies. De uitkomsten van het beschreven model laten zien dat de hervorming waarschijnlijk niet tot realisering van de beoogde doelen zal leiden. De stijging van de melkproductie leidt tot meer negatieve externe effecten (meer dieren), vermindering van het agrarisch natuurbeheer (substitutie door melkproductie), meer exporten (en dus meer concurrentie op de wereldmarkt wat slecht uitpakt voor andere zuivelexporteurs) en minder stoppers (wat de noodzakelijke herstructurering tegenwerkt).

De auteur dankt het LEI in Den Haag voor het beschikbaar stellen van de data.

LITERATUUR

- Brooke, A., Kendrick, D., & Meeraus, A. (1988). *GAMS: A user's guide*. Redwood City: The Scientific Press.
- Chambers, R.G. (1988). *Applied production analysis, a dual approach*. Cambridge: Cambridge University press.
- Greene, W.H. (2008). *Econometric Analysis*. London: Prentice-Hall International.
- Peerlings J., & Ooms, D. (2008). *Farm growth and exit: consequences of EU dairy policy reform for Dutch dairy farming*. Contributed paper XIIth congress of the European Association of Agricultural Economists, 26-29 August, Ghent. <<http://195.0.30.90/EAAE/delegates/195.pdf>>
- Ooms, D.L., & Peerlings, J.H.M. (2005). Effects of EU Dairy Policy Reform for Dutch Dairy Farming: A Primal Approach Using GMM Estimation. *European Review of Agricultural Economics* 32-4, 517-537.
- Peerlings, J., & Polman, N. (2004). Wildlife and landscape services production in Dutch dairy farming: jointness and transactions costs. *European Review of Agricultural Economics* 3/4, 427-450.

JACK PEERLINGS is werkzaam als Universitair Hoofddocent bij de leerstoelgroep Agrarische Economie en Plattelandsbeleid van Wageningen Universiteit. E-mail: <jack.peerlings@wur.nl>

OPTIMALISEREN VAN DE BEHEERSING VAN DE VOEDSELVEILIGHEID OP KETENNIVEAU

Ons voedsel moet veilig zijn. Bedrijven moeten beheersmaatregelen nemen om dit te kunnen garanderen. Maar als verschillende bedrijven in een voedselketen maatregelen kunnen nemen, welk bedrijf moet dan welke maatregelen nemen om veilig voedsel tegen zo laag mogelijke beheerskosten te garanderen? En hoe kun je de bedrijven stimuleren ook daadwerkelijk deze maatregelen te nemen? Deze problemen zijn te analyseren met principaal-agent modellen. Dit artikel beschrijft de toepassing van deze modellen voor de gevaren *Salmonella* en *Mycobacterium avium* in varkensvlees.

COEN VAN WAGENBERG

Gevaren voor de voedselveiligheid kunnen worden beheerst bij verschillende bedrijven in de voedselketen (grondstoffenleveranciers, boeren, verwerkende industrie, supermarkt). Elk bedrijf beschikt hiervoor over mogelijke beheersmaatregelen met elk haar eigen effectiviteit en kosten. Economische belangen tussen bedrijven zijn echter tegengesteld. Neemt mijn leverancier de maatregel en draagt de kosten, of doe ik het en draag ik de kosten? Een afnemer houdt meestal onzekerheid of zijn leverancier daadwerkelijk beheersmaatregelen neemt, omdat hij dit niet direct kan observeren: er is informatie asymmetrie tussen deze twee partijen. Dit kan leiden tot ineffectieve en inefficiënte beheersing op ketenniveau. In geval van informatie asymmetrie kan een bedrijf worden gestimuleerd beheersmaatregelen te nemen via incentive mechanismen, die de prestatie van een boer meten en goede resultaten belonen en slechte resultaten bestraffen. Welke combinatie van maatregelen en incentive mechanismen leidt dan tot veilig voedsel tegen

de laagste kosten in totaliteit? Met een dynamische principaal-agent model zijn deze vragen te beantwoorden.

Het principaal-agent model

De problemen die ontstaan bij de interactie tussen twee ketenpartijen in geval van informatie asymmetrie worden geanalyseerd in de incentive theorie (Laffont and Martimort, 2002). Dit artikel focust op het zogenaamde verborgenactie probleem (Moral Hazard). Een slachterij, de principaal, wil dat de toeleverde varkenshouder, de agent, voldoende beheersmaatregelen voor voedselveiligheid neemt. Echter, de slachterij is niet aanwezig bij de uitvoering daarvan en kan niet direct observeren welke maatregelen de varkenshouder heeft genomen. Na levering van de varkens aan het slachthuis bekijkt de slachterij de prestatie van de varkenshouder, bijvoorbeeld via bloedmonsters genomen tijdens de slacht.

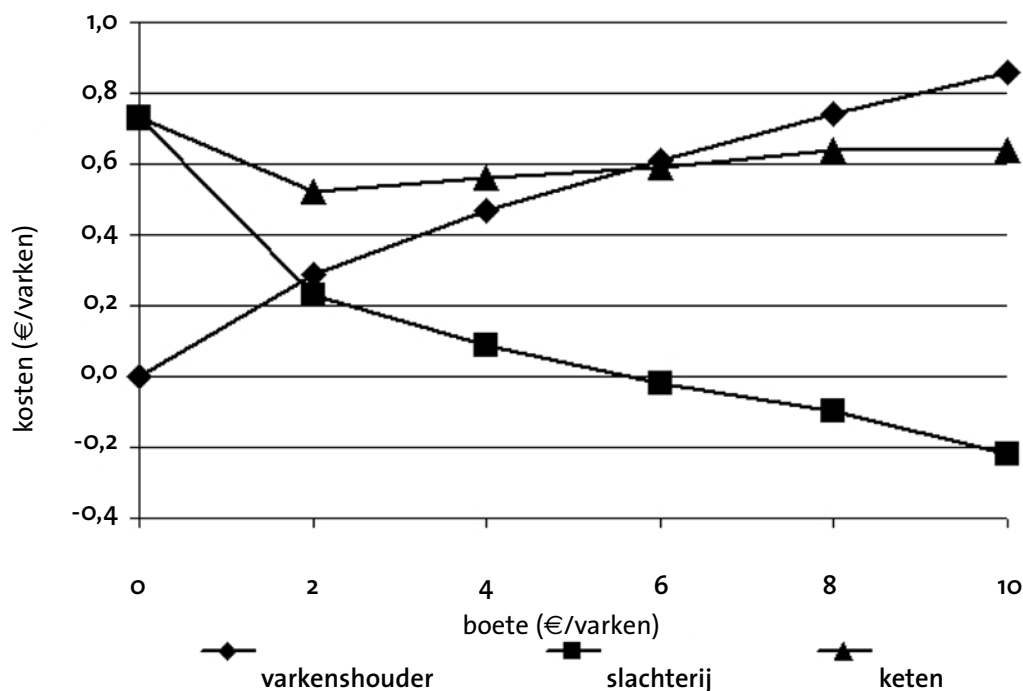
Om een varkenshouder te stimuleren maatregelen te nemen, wordt een incentive mechanisme ingezet. In het principaal-agent model wordt uitgegaan van rationele actoren en financiële beloningen. De varkenshouder neemt maatregelen als zijn verwachte financiële resultaat hoger is dan wanneer hij dat niet zou doen (de zogenaamde *incentive compatibility* randvoorwaarde). Daarbij moet de varkenshouder wel blijven leveren aan de slachterij (de participatie randvoorwaarde) en mag er geen alternatieve aflevermogelijkheid zijn die financieel aantrekkelijker is. Een belangrijk aspect dat een rol speelt bij het meten van de prestatie lichten we uit: reputatie. Reputatie via prestaties in de afgelopen perioden als onderdeel van de prestatie van de huidige periode kan de beheersing efficiënter maken.

Optimale beheersing van voedselveiligheid: *Salmonella* en *Mycobacterium avium*

We leggen de structuur, de werking en de resultaten van dit type model uit via de pathogenen *Salmonella* en *Mycobacterium avium* (*Ma*) in de varkensketen. *Salmonella* is een van de belangrijkste veroorzakers van maag- en darmproblemen bij mensen in de EU. *Ma* infecties, hoewel zeldzaam, kunnen vooral bij mensen met een slecht functionerend immuunsysteem leiden tot ontsteking van de lymfeknopen en de dood. De belangrijkste schakels in de varkensvleesketen om *Salmonella* te beheersen zijn de varkenshouder en de slachterij. *Ma* ontstaat op het primaire varkensbedrijf en kan alleen daar beheerst worden. Bij binnenkomst in het slachthuis worden de varkens getest op de aanwezigheid van *Salmonella* of *Ma* antistoffen in het bloed. De slachterij maakt extra kosten voor varkens met *Salmonella* besmetting en *Ma* besmetting vanwege extra handelingen aan deze dieren en de vernietiging van risicovolle delen. Voor beide

gevaaren hebben we de effectiviteit en kosten van verschillende pakketten van beheersmaatregelen op boerderijniveau gedefinieerd. De prestatie van de varkenshouder wordt gemeten via de hoeveelheid antistoffen tegen deze pathogenen in het bloed van een varken. Beide pathogenen komen vrij voor in de natuur en de kans op introductie in varkensbedrijven is met verschillende beheersmaatregelen te reduceren tot een acceptabel niveau. Door natuurlijke variatie kan de besmettingsgraad van de ene groep varkens verschillen van andere groepen. In de meting van de prestatie van de varkenshouder wordt daarom een gemiddelde gebruikt van de huidige en een aantal voorafgaande leveringen van de varkenshouder aan de slachterij. Voor beide gevaren is een dynamisch principaal-agent model ontwikkeld, waarbij elke levering één periode betreft. De beslissingsvariabele van de slachterij is de boete aan de varkenshouder voor varkens met een te hoge prevalentie. Deze boete maximaliseert opbrengst minus kosten van de slachterij, waarbij rekening wordt gehouden met de te verwachten acties van de varkenshouder. De opbrengst van de slachterij komt van de boete, de kosten zijn de extra productiekosten die het bedrijf moet maken voor besmette varkens. De beslissing van de varkenshouder is welke beheersmaatregelen te nemen. De varkenshouder weegt de kosten van maatregelen af tegen de boete die hij moet betalen voor een hoge prevalentie. Omdat zijn prestatie in de huidige periode afhangt van de prestatie in vorige periodes is dit een dynamisch beslissingsprobleem.

Optimalisatie van de doelfunctie van de slachterij vindt plaats via het systematisch doorlopen van alle mogelijke waarden die de boete kan aannemen (*grid search*). Voor elke waarde van de boete wordt het dynamische optimalisatieprobleem van de varkenshouder, gedefinieerd als een Markov keten, opgelost. Met de resulterende prevalentie van elke optimalisatie wordt het



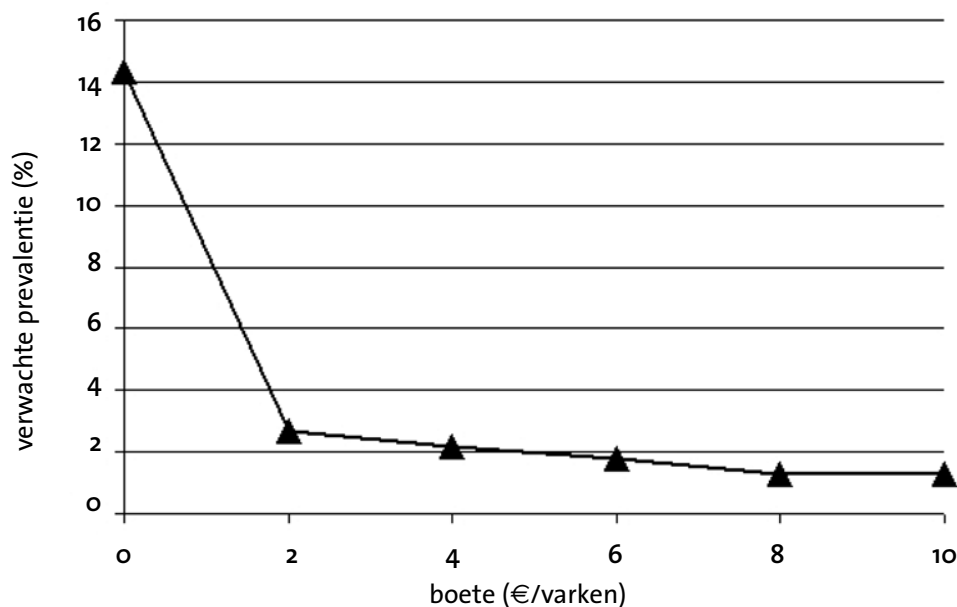
Figuur 1. Kosten bij de optimale strategie voor slachterij, varkenshouder en gezamenlijk bij verschillende boeteniveaus voor varkens met *Mycobacterium avium* besmetting

financiële effect voor de slachterij berekend. De slachterij kiest die boete die leidt tot het maximale financiële resultaat.

Figuur 1 geeft de resultaten van de kosten bij de optimale strategie van de varkenshouder, slachterij en gezamenlijk bij een boete van nul tot tien euro per varken met een *Ma* besmetting (Van Wageningen et al, submitted). Bij een boete van nul euro per varken heeft de varkenshouder geen prikkel om maatregelen te nemen. Bij een hogere boete nemen de kosten toe van de varkenshouder doordat hij maatregelen neemt en hij over de varkens met een *Ma* besmetting die hogere boete betaalt. De maatregelen leiden tot een lagere verwachte *Ma* prevalentie in de varkens (Figuur 2). De kosten van de slachterij nemen af (negatieve kosten zijn opbrengsten) bij een hogere boete door de hogere inkomsten vanuit de boetes en de lagere productiekosten, doordat minder varkens besmet zijn. Voor de keten zijn de kosten minimaal bij een boete van

2 euro per varken.

Voor *Salmonella* is geanalyseerd hoe prestaties uit het verleden via een reputatie-indicator gekoppeld aan de inspectiekans de kosten van testen kan reduceren zonder de effectiviteit van het systeem in gevaar te brengen. Een reputatie-indicator van een varkenshouder weegt de prestaties van zijn x voorgaande leveringen tot één waarde. Tabel 1 geeft de verwachte kosten van testen en beheersmaatregelen met gebruik van 2 leveringen en van 24 leveringen in een reputatie-indicator (King et al, 2007). De testkosten zijn bijna 75% lager bij het gebruik van 24 leveringen in de reputatie-indicator zonder dat de prevalentie verandert. Wel zijn de kosten van maatregelen iets (1%) hoger. De totale beheerskosten en testkosten van de *Salmonella* controle zijn bij gebruik van 24 leveringen € 0,06 per varken lager dan bij 2 leveringen. Bij slachting van 14 miljoen varkens per jaar in Nederland bedraagt de besparing op de kosten € 840.000 per jaar.



Figuur 2. Prevalentie bij de optimale strategie van de varkenshouder bij verschillende boeteniveaus voor varkens met *Mycobacterium avium* besmetting

Conclusies

Met behulp van principaal-agent modellen kunnen incentive mechanismen die het gedrag van bedrijven kunnen sturen worden doorgerekend. Omdat de gevolgen van invoering van incentive mechanismen in de dagelijkse praktijk groot kunnen zijn, kunnen deze modellen een aanzienlijke bijdrage leveren. Naast toepassing binnen voedselveiligheid zijn principaal agent modellen ook geschikt om de beheersing van de kwaliteit in voedselketens te optimaliseren.

LITERATUUR

King, R. P., Backus, G. B. C., & Gaag, M. A. van der (2007). Incentive systems for food quality control with repeated deliveries: *Salmonella* control in pork production. *European Review of Agricultural Economics* 34(1), 81-104.
Laffont, J.-J., & Martimort, D. (2002). *The theory of incentives: the principal-agent model*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
Van Wageningen, C. P. A., Backus, G. B. C., Urlings, H. A. P., Vorst, J. G. A. J. van der, & Wisselink, H. J. W. (submitted). Impact of testing accuracy on incentives for food safety control: optimal control actions for *Mycobacterium avium* in the pork supply chain. *Risk Analysis*.

COEN P. A. VAN WAGENBERG is als wetenschappelijk onderzoeker food quality in supply chains verbonden aan LEI Wageningen UR.
E-mail: <Coen.vanwageningen@wur.nl>

	Reputatie 2 leveringen	Reputatie 24 leveringen
Verwachte kosten beheersmaatregelen (€/varken)	1,735	1,749
Verwachte test kosten (€/varken)	0,100	0,026
Verwachte keten kosten (€/varken)	1,835	1,775
Verwachte prevalentie (%)	15,91	15,78

Tabel 1. Verwachte kosten en prevalentie met 2 leveringen en 24 leveringen in een reputatie-indicator voor *Salmonella*



Meindert Hobbema, *Weg bij Middelharnis*, 1689

DE VORMENDE KRACHTEN VAN DE STATISTIEK

De Nederlandse landbouwstatistiek als product en producent van de Nederlandse landbouw

ANTON SCHUURMAN

We vergeten altijd hoe blind de bestuurders van de vroegmoderne tijd waren. Lodewijk XIV was een absolutistisch vorst, maar zijn uitvoerende macht was aanzienlijk beperkter dan die van de hedendaagse regeringsleiders. Hij miste alle elementaire gegevens om beleid te kunnen maken. Er was geen nationale bevolkingsstatistiek en ook geen economische statistiek, behalve enige

gegevens over de in- en uitvoer van producten. Dit gold voor Lodewijk XIV, maar evenzeer voor de andere vorsten. Ze waren nog ver van de tijd verwijderd dat via een usb-stick of een computerschijf de persoonsgegevens van 25 miljoen ontvangers van kinderbijslag kwijtraakten, zoals in 2007 in Engeland gebeurde.

De leesbaarheid van de samenleving van

bovenaf begon te veranderen in de achttiende eeuw, maar is toch vooral een fenomeen van de negentiende eeuw. Een overheid die er voor zijn burgers wilde zijn, had ook gegevens nodig. Een mooi voorbeeld is de invoering van de burgerlijke stand in Groot-Brittannië. Met de *Factories Act* van 1833 wilde de overheid kinderarbeid reguleren. Dat vereiste echter dat diezelfde overheid wist hoe oud haar onderdanen waren. Het gevolg was dat in 1836 de *Registration Act* werd aangenomen waarbij in Groot-Brittannië de nationale burgerlijke stand werd ingevoerd. Nu kon iedereen bewijzen en controleren hoe oud hij of zij werkelijk was.

Dit voorbeeld geeft al aan dat de ontwikkeling van de overheidsstatistiek geen automatische ontwikkeling was, maar het gevolg van maatschappelijke vragen en maatschappelijke ontwikkelingen. De Nederlandse landbouwstatistiek is hier ook een mooi voorbeeld van. Tegenwoordig hebben we een vrij goed algemeen en gedetailleerd overzicht van het aantal bedrijven, de omvang van de bedrijven, het aantal werknemers, de gewasopbrengsten, de omvang van de veestapel, het gebruik van de grond, prijzen van producten. In de achttiende eeuw was dat wel anders. Er waren allerlei belastingen die wel informatie gaven over grondbezit, veebezit, vleesconsumptie, maar nationale statistieken waren er niet. Bovendien werden deze belastinggegevens over het algemeen niet gepubliceerd.

De eerste nationale veetelling dateert van het jaar 1800. Deze kan beschouwd worden als het begin van de Nederlandse landbouwstatis-

tiek. Om de runderpest te bestrijden wilde het bewind een veefonds oprichten. Men verwachtte dat er zo'n twee miljoen runderen waren en rekende daarom op een opbrengst van meer dan 100.000 gulden. In werkelijkheid bleken er slechts 900.000 runderen te zijn. Een eerste resultaat had de telling dus al direct.

Los van deze min of meer anekdotische oorsprong werd de landbouwstatistiek in deze tijd bewust ter hand genomen door Jan Kops die in hetzelfde jaar aangesteld was tot Commissaris van de Landbouw. Met zijn directe chef, secretaris-generaal van economische zaken Johannes Goldberg, reisde hij door Nederland om een landbouwstatistiek van de grond te krijgen. Zij deden dit door met bestuurders te spreken en aan genootschappen en particulieren boekjes met niet minder dan 252 vragen te geven. Hierop kwamen veertig ingevulde boekjes retour.

Om deze bevraging meer systematiek en inhoud te geven werden, op voorstel van Kops, in 1805 provinciale Commissies van Landbouw opgericht die hem regelmatig van gegevens moesten voorzien en jaarlijks in Den Haag bijeenkwamen. Tevens begon hij in 1803 de uitgave van het *Magazijn van den Vaderlandschen Landbouw* waarin hij vanaf 1806 ook statistische gegevens publiceerde, zij het in het begin – behalve het weer – nog niet in tabelvorm. Deze periodiek werd later opgevolgd door de *Staten van landbouw* die onder de naam *Verslag over de landbouw* tot 1966 zijn blijven bestaan en waarin steeds diverser en gedetailleerder tabellen over de landbouw werden gepubliceerd.

De ononderbroken duur van dit Verslag is enigszins misleidend voor de ontwikkeling van de verslaggeving over de landbouwgegevens. Na het voorspoedig begin in de Franse tijd kwamen er haperingen. De nieuwe nationale overheid onder leiding van koning Willem I, die na de val van Napoleon aan de macht was gekomen, trok zich terug van het landbouwbeleid, dat aan de provincies werd overgelaten. De Commissies van Landbouw kwamen ook niet langer meer jaarlijks in Den Haag samen, maar functioneerden alleen nog maar op provinciaal niveau. Daar deed de een het beter dan de ander, maar zonder de sturende hand van Jan Kops bleef het allemaal incidenteel werk.

Dit sudderde zo jaren voort, totdat in de jaren veertig van de negentiende eeuw er een nieuw elan kwam en in de meeste provincies landbouwmaatschappijen werden opgericht. In deze clubs zaten vaak dezelfde mensen als in de Commissies van Landbouw, maar nu gaven ze zichzelf een achterban door bijeenkomsten en tentoonstellingen te organiseren en door een 'clubblad' te publiceren. Een achterban die bestond uit hetzelfde soort mensen als dat al in de commissies zat: grootgrondbezitters, gevestigde landbouwers, stedelijke landeigenaren, stedelijke en provinciale bestuurders. Te zelfdertijd werd er een landelijke organisatie opgericht: het Landhuishoudkundig Congres. Dit congres kwam één keer per jaar voor meer dagen in één van de provinciehoofdsteden bijeen. Daar ontmoetten de verschillende leden van de landbouwmaatschappijen elkaar, spraken over zaken die de landbouw kunnen verbeteren, hoorden voordrachten, bezochten wedstrijden en tentoonstellingen. Voor elk volgend congres werd er een nieuw congresbestuur gekozen. Men schiep

kortom wel een forum, maar geen uitvoerend en vertegenwoordigend lichaam. De provinciale maatschappijen bleven zelfstandig. De informatie over deze congressen werd verspreid in jaarlijkse verslagen. Meer direct kon men er kennis van nemen in de *Landbouwcourant* die in 1847 is opgericht, waar men zelf op geabonneerd kon zijn, maar waarop ook lokale afdelingen van de landbouwmaatschappijen abonnement namen. Tegelijkertijd genereerden al deze activiteiten in de reguliere pers berichten en discussies over landbouwzaken.

Op deze manier was er rond 1850 wederom een functionerende organisatie voor de landbouwsector, maar dit keer in private handen. Wat de deelnemers bond is dat zij geloofden in een productiever maken van de landbouw door deze te verwetenschappelijkten. Zij hadden het idee dat boeren zonder nadenken aan de slag gingen en geloofden heilig in de vooruitgang van de landbouw onder invloed van experimenteren en systematisch waarnemen. Belangrijk in dit verband was natuurlijk een goede landbouwstatistiek. Vanaf de jaren vijftig kwam die weer in staatshanden. De oprichter van de *Landbouwcourant* J. Wttewaal werd belast met het verslag van de landbouw. Zijn bronnen waren de provincieverslagen, die weer gebaseerd waren op de gemeenteverslagen. In 1860 werd hij opgevolgd door Wijnand Staring. Wttewaal en Staring systematiseerden het verslag, maar bleven natuurlijk afhankelijk van de gegevens zoals deze verstrekt waren door de gemeentebesturen. Via de landbouwmaatschappijen en via het Landhuishoudkundig Congres lokten zij keer op keer discussies uit over de kwaliteit van de statistiek en hoe deze te verbeteren. Zij stelden voor om meer met van te voren gedrukte formulieren

te werken, en met heldere simpele vragen. Ook hielden zij een pleidooi om het kadaster zodanig bij te houden dat daaruit beter veranderingen in het grondgebruik tot uitdrukking kwamen. Een belangrijke verbetering kwam van Staring. Hij publiceerde de gegevens niet langer alleen naar provincies, maar tevens naar landbouwgebieden omdat de provinciegewijze cijfers door de verschillende fysisch-geografische omstandigheden onvergelykbare gegevens opleverden. Was de *Landbouwcourant* de chroniqueur van de nationale landbouw, het landbouwverslag met de statistische beschrijving en kwantitatieve gegevens, was het kloppend hart van haar ambitie.

Het zou tot het begin van de twintigste eeuw duren voordat de landbouwstatistiek echt verbeterde. Drie belangrijke veranderingen waren daarvoor nodig: de totstandkoming van de Rijkslandbouwschool in Wageningen in 1876; de totstandkoming van een permanente landelijke landbouwvertegenwoordiging in het Nederlandse Landbouwcomité in 1884 en de totstandkoming in 1906 van de Directie van de Landbouw, dat al bijna een ministerie van landbouw was. Deze ontwikkelingen zorgden ervoor dat er wetenschappelijk geschoolde landbouwkundigen kwamen, dat de landbouw met één stem tot de overheid kon spreken en dat de landbouwstatistiek weer echt in staatshanden kwam en men meer volledig gebruik kon maken van de staatsmacht. In 1910 wordt dan de eerste echte landbouwtelling gehouden, gebaseerd op individuele bedrijven. De uitkomsten ervan lieten gelukkig zien dat de data gepubliceerd in de Verslagen van de landbouw niet zo slecht waren als critici beweerden.

De landbouwstatistiek was een belangrijk onderdeel van de totstandkoming van de BV Nederlandse Landbouw. Door de weergave van

nationale cijfers maakte ze aan de ene kant concrete verbeteringen in de landbouw meetbaar, aan de andere kant gaf ze gezicht aan een nationale landbouwsector en het belang ervan. Op deze manier was de landbouwstatistiek niet alleen een producent van landbouwgegevens, maar tevens het product van de idealen van de negentiende-eeuwse landbouwmaatschappijen en daarmee een van de succeselementen van de moderne landbouw. Het zou tot de jongste crisis in de landbouw duren dat de modernistische ideeën van objectiviteit en wetenschappelijkheid aan de kaak werden gesteld als een karikatuur van de werkelijkheid: de virtuele boer. Het verhaal van de eerste veetelling in 1800 laat echter zien dat het alternatief voor een methodisch gecreëerd beeld dat zich leent voor discussie, nog kwalijker is: onkunde.

LITERATUUR

- Niphuis, A. J., Landbouwtellingen (1999). In B. Erwich & J. G. S. J. van Maarseveen (red.), *Een eeuw statistieken* (pp. 391-421). Voorburg: CBS.
- Niphuis, A. J. Agricultural Statistics. A matter for agriculturists (2008) In J. G. S. J. van Maarseveen, e.a. (eds.), *The statistical mind in modern society. The Netherlands, 1850-1940, Volume I* (pp. 183-211). Amsterdam: Aksant.
- Ploeg, J. D. van der (1999). *De virtuele boer*. Assen: Van Gorcum.
- Poel, J. M. G. van der, (1953). De landbouw-enquête van 1800. In *Historia Agriculturae, Deel I* (pp. 48-194). Groningen: J. B. Wolters.
- Schuurman, A. e.a., *Democratisering en modernisering van het Nederlandse platteland in de negentiende eeuw*. <www.rhi.wur.nl/UK/Research/Rural19/>
- Vermeulen, W. H. (1966). *Den Haag en de landbouw. Keerpunten in het negentiende-eeuwse landbouwbeleid*. Assen: Van Gorcum.

ANTON SCHUURMAN is verbonden aan het N.W. Posthumus Instituut en de leerstoelgroep Agrarische Geschiedenis van de Wageningen UR.
E-mail: <anton.schuurman@wur.nl>

DE WET VAN ZIPF

Onlangs bleek dat muziekbeoefening aanleiding kan geven tot kansrekening. Ook taalkunde leidt soms tot interessante kansmodellen.

Een bekend voorbeeld hiervan zijn de onderzoeken van Markov naar de opeenvolging van klinkers en medeklinkers in Poesjkins gedicht *Jevgeni Onegin*, die aanleiding gaven tot het begrip Markovketen. Een ander voorbeeld van statistisch taalonderzoek leidde tot de wet van Zipf.

FRED STEUTEL

George Kingsley Zipf (1902-1950) was hoogleraar linguïstiek in Harvard. Hij bestudeerde de woordfrequenties in lange teksten en ordende de veel voorkomende woorden naar afnemende frequentie; het meest voorkomende woord kreeg nummer 1, het op een na meest voorkomende

nummer 2, enzovoort. De bijbehorende frequenties werden aangegeven met $f(1)$, $f(2)$, Hierbij viel hem op dat de producten $kf(k)$ ongeveer constant waren: $f(k) = c/k$. Dat betekent dus dat het meest voorkomende woord twee keer zo vaak voorkomt als het op een na frequentste, drie maal zo vaak als het derde in de rij, en zo voort. Dit verschijnsel is bekend geworden onder de naam Wet van Zipf.

Later bleek dat deze 'wet' niet beperkt is tot woordfrequenties. In allerlei situaties hebben geordende dataverzamelingen deze eigenschap: het eerste getal is twee maal zo groot als het tweede, drie maal zo groot als het derde, enzovoort. Een bekend voorbeeld wordt gegeven door de aantallen inwoners van de grootste steden in de VS. De eerste vijf steden en hun inwoneraantallen (in 1991, afgerond, in duizendtallen) zijn getallen die heel aardig aan de wet van Zipf voldoen.

New York	Los Angeles	Chicago	Houston	Philadelphia
----------	-------------	---------	---------	--------------

7420	3598	2802	1786	1436
------	------	------	------	------

De wet geldt ook voor wetenschappers, geordend naar de aantallen artikelen die ze gepubliceerd hebben, en voor de ordening van de artikelen van één wetenschapper naar de aantallen keren dat ze

geciteerd zijn. De aantallen citaties van mijn tien meest geciteerde publicaties zijn (volgens Google Scholar):

138 77 44 37 26 23 21 19 18 17;

een heel behoorlijke fit. Met de volgende drie erbij: 13, 13, 12, wordt het nog iets beter. De fit wordt in veel gevallen beter als de verwijzingen naar boeken worden weggelaten; die hebben soms heel veel citaties.

Het is interessant om de wet van Zipf in verband te brengen met de H-index: iemands H-index is h , als hij h publicaties heeft die allemaal minstens h keer zijn geciteerd – met h zo groot mogelijk. Laat de meest geciteerde publicatie G citaties hebben. Als de Zipf-regel voor de wat grotere aantallen citaties geldt, dan volgt daaruit dat H de waarde h heeft, als $G/h \geq h$ is, en $G/(h+1) < h+1$. Dat betekent dat H bij benadering gegeven wordt door

$$H = \lceil \sqrt{G} \rceil,$$

waarbij $[a]$ ‘het gehele deel’ van a voorstelt; immers h is een geheel getal. Ik heb deze ‘relatie’ bij mijn weten nooit eerder gezien. Bij een G van 138 komt mijn H-index uit op 11, één hoger dan ik krijg van het onvolledige Web of Science, en één lager dan van het veel completere Google Scholar.

Het is onduidelijk in hoeverre de regel van Zipf blijft gelden voor langere rijen getallen. Voor de steden in de VS gaat het nog heel goed voor de eerste tien, maar op een gegeven moment gaat het mis: te veel steden met ongeveer evenveel inwoners. Ook bij mijn citaties klopt het ‘in de verte’ niet: te veel artikelen met evenveel (even weinig) citaties.

Een heel andere kwestie is: waar komt deze regel vandaan? Het is niet zo eenvoudig om een model te bedenken dat de wet van Zipf oplevert. Omdat het om ‘extreme waarden’ gaat, denk je aan de verwachting van de grootste uit een steekproef, de verwachting van de op een na grootste, en zo voort, maar dat levert niets op: er zijn geen verdelingen waarbij de verwachte ‘order statistics’ zich volgens de wet van Zipf gedragen. Voor een steekproef van twee stuks, X_1 en X_2 is de relatie

$$E \max(X_1, X_2) = 2 E X_1$$

onmogelijk. Bovendien, als in een model de verwachte waarde van de grootste van n waarnemingen twee keer zo groot zou zijn als de verwachting van de op een na grootste, dan zou die verhouding toch ook moeten gelden voor de op een na grootste en de volgende. Blijkbaar kunnen de aantallen citaties van artikelen niet worden beschouwd als onafhankelijke trekkingen uit een verdeling; het ene artikel is gewoonweg ‘citeerbaarder’ dan het andere, en dat is eigenlijk heel aannemelijk. De vraag blijft, wat dan wel een goed model is?

MathSciNet (*Mathematical Reviews*) levert 56 artikelen met het woord Zipf in de titel; het oudste van 1957 en het jongste van 2009; ongeveer één per jaar. Ze lijken geen van alle een eenvoudig antwoord te geven op mijn vraag. Ik begrijp eruit dat er Markov-processen zijn die resultaten genereren die voldoen aan de wet van Zipf. Daarmee zijn we dan bijna terug bij Jevgeni Onegin.

FRED STEUTEL is emeritus hoogleraar kansrekening aan de TU Eindhoven.

E-mail: <f.w.steutel@tue.nl>

SOFTWARE VOOR STATISTISCHE ANALYSES BINNEN DE ECONOMETRISCHE WETENSCHAPPEN

Cosinus Computing BV levert al vele jaren statistische software voor econometrische analyses.

Tot ons pakket behoren producten als EViews, OxMetrics, GAUSS, de NAG bibliotheken en LINDO, die binnen de economische wetenschappen veel gebruikt worden. Maar ook leveren we SigmaPlot, STATGRAPHICS Centurion, SIMCA-P+, MODDE, UNISTAT etc. Onze kracht is dat u altijd met vragen bij ons terecht kunt. Vanwege de directe relatie met onze leveranciers kunnen wij u een gericht antwoord geven. Zie voor meer informatie onze website.



EViews is hét product voor econometrische analyses. Wij verzorgen al lange tijd alle ondersteuning van EViews aan banken, verzekeringsinstellingen en economische faculteiten van universiteiten. Met het manual 'EViews Illustrated' kunt u nu eenvoudig en snel EViews leren.



OxMetrics wordt door een aantal wetenschappers, zoals dr. Jurgen Doornik (Nuffield College), prof. David Hendry (Oxford University) en prof. Siem Jan Koopman (VU Amsterdam) ontwikkeld. OxMetrics is de naam voor een familie van softwareproducten die een geïntegreerde oplossing bieden voor econometrische tijdreeksanalyses, voorspellingen en analyses van financiële econometrische modellen en van cross-sectie- en paneldata.



Wenst u professioneel te ontwikkelen, gebruik te maken van een reeks numerieke en statistische functies en tevens meerdere processoren aan te sturen? GAUSS maakt het u nu erg gemakkelijk. Verpulver nu uw *computing* tijd met de *multithreading* commando's in GAUSS g! Deze commando's zijn schaalbaar, en zeer efficiënt.



Wilt u als onderzoeker grote bestanden analyseren en wenst u zich niet te beperken tot de bestaande, vaak beperkte financiële modellen? Dan raden wij u de NAG bibliotheken aan. Wordt er veel met Excel gewerkt, en wenst u koppeling met NAG, dan kunnen wij een trainingssessie in het gebruik van NAG bibliotheken voor Excel organiseren.



LINDO biedt u de juiste optimaliseringshulpmiddelen. Duizenden Operation Research analisten kiezen de LINDO producten, zoals What'sBest! en LINGO, voor hun meest kritieke optimaliseringsvraagstukken, zoals het bepalen van beleggingen met het hoogste rendement onder voorwaarde dat de corresponderende risico's acceptabel zijn.



Groenewoud 27,
5151 RM Drunen
e-mail: info@cosinus.nl
telefoon 0416 - 378 125

www.cosinus.nl